



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Propuesta y aplicación metodológica para el cálculo del índice de salud a partir de la percepción y su acercamiento a la situación real del individuo

Johanna Vásquez Velásquez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento Ingeniería de la Organización
Medellín, Colombia
2019

*A Matías y Jorge, de quienes tomé horas que eran tuyas y aun así me alentaron a sacar este proyecto
adelante
A mis Padres, Mariela y Jaime, por su amor y apoyo incondicional en todas mis decisiones
A Leandro, Valeria y Jerónimo, por su alegría
A mis maestros...*

Agradecimientos

A mi tutor y asesor Sergio Botero Botero quién me proporcionó horas interminables de consulta, discusión, lectura, crítica y paciencia infinita; todo lo cual influyó, de manera muy sustancial, en la dirección y relevancia de la investigación. Agradezco su bondad y humildad, factores que facilitaron vínculo pedagógico estudiante-docente y contribuyen a la persistencia de sus estudiantes hasta la graduación.

A la Universidad Nacional de Colombia por la oportunidad de este crecer profesional y personal.

A la Unidad de Servicios de Salud UNISALUD Medellín, por todo el apoyo y gestión para hacer el estudio en sus instalaciones y con sus afiliados, aportando espacios, consulta y acompañamiento en todo el proceso de trámite a nivel central, especialmente quiero agradecer a la Jefe de División Isabel Cristina Baena Botero, y a Viviana Giraldo.

A Bienestar Universitario por brindarme espacios en sus programas de promoción y prevención de la salud en el campus para la elaboración de encuestas, especialmente a Yury Gómez Jefe de Sección de Gestión y Fomento Socioeconómico.

A los estudiantes Samuel Vélez y Ana María Patiño por la energía, compromiso y capacidad de trabajo para apoyarme en el levantamiento de información en campo y digitalizar toda la información.

A los profesores Alcides Gómez, Jonathan Gómez, Yadira Gómez de la Facultad de Ciencias Humanas y Económicas por permitirme realizar encuestas a sus estudiantes.

A los Doctores Jesús Ortega Bolaños, Andrés Alonso Agudelo Suárez y a Juan Carlos Salazar Uribe, evaluadores de este trabajo.

A los profesores y personal administrativo del Departamento de Ingeniería de la Organización, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, por acoger desde el inicio este proyecto de tesis para mi formación doctoral.

A mis queridos amigos y estudiantes por estar pendientes de este proceso y alentarme en las interminables horas.

A mis maestros, a los que me dejaron en mí estas formas, fácilmente identificables en este trabajo: Jairo Humberto Restrepo Zea, Elkin Castaño Vélez, Nora Elena Espinal Monsalve y Sergio Botero Botero.

Propuesta y aplicación metodológica para el cálculo del índice de salud a partir de la percepción y su acercamiento a la situación real del individuo

Johanna Vásquez Velásquez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Ph.D. en Ingeniería – Industria y Organizaciones

Director:
D.Sc. Sergio Botero Botero

Línea de Investigación: Método y Modelos de Optimización

Grupo de Investigación: Modelamiento y Análisis: Energía, Ambiente, Economía
–MAEAE–

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento Ingeniería de la Organización
Medellín, Colombia
2019

Resumen

Esta tesis se enmarca en el problema de derivación de utilidades para la determinación del índice de salud, insumo necesario en la evaluación de tecnología sanitaria, estudiado como un problema de toma de decisiones con múltiples criterios –MCDM-. En este trabajo se describe e implementa una propuesta metodológica que combina el Proceso Analítico Jerárquico -AHP- simple, extendido por D-números –DAHP- y difuso –FAHP- con la Técnica de Ordenación de Preferencias por Similitud a la Ideal -TOPSIS- para la obtención de preferencias y cálculo del índice de salud. La fundamentación teórica y metodológica se construye a partir de una revisión sistemática meta-narrativa de las teorías, conceptos y métodos, además de un análisis de la normatividad y técnicas aplicadas en Colombia para la evaluación económica y de tecnología sanitaria. Para implementar la metodología propuesta se lleva a cabo un estudio empírico con levantamiento de datos en campo mediante la aplicación del cuestionario internacional EQ-5D-5L, al que se incorporan preguntas de tipo sociodemográfico y la matriz de comparación pareada para las dimensiones de salud contempladas en la encuesta y se utiliza el protocolo EQ-VT para el levantamiento de preferencias por intercambio temporal compuesto –cTTO- y escala visual análoga –VAS-. Los pesos para los diferentes estados de salud se obtienen utilizando los métodos híbridos propuestos, cTTO y VAS haciendo una comparación en cuanto al número de años de vida ajustados por calidad –QALYS- generados en los escenarios estudiados, el vector de pesos y la estructura jerárquica de las dimensiones de salud. Con este ejercicio se prueba que existen métodos simples de operar en campo, con algoritmos matemáticos poco complejos que producen resultados consistentes y se ajustan de forma adecuada a la obtención de utilidades, no requieren procesos largos y costos de entrenamiento a los encuestadores y pueden aplicarse a poblaciones específicas e intervenidas por diferentes programas de salud, permiten eliminar el sesgo que impone la duración temporal en estados de salud mejores y peores a la muerte y preservan las preferencias ordinales expresadas en matrices de comparación consistentes, lo que permite preservar el rango de forma fuerte.

Palabras clave: Evaluación de Estado de Salud, Índice de Salud, Preferencias, Toma de decisiones, Análisis de Decisión Multicriterio.

Abstract

This thesis addresses utility measure in order to quantify the Health Index. This item is a necessary input for the health economics assessment, and is treated as a multi criteria decision-making –MCDM- issue. This work proposes a methodology with hybrid methods that combine the Hierarchical Analytical Process -AHP- , AHP extended by D-numbers and fuzzy AHP -FAHP- with the Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution -TOPSIS- in order to elicit preferences and measure the Health Index. Theoretical and methodological grounds are obtained through a systematic meta-narrative review on theories, concepts and methods, as well as an analysis of the regulatory system and techniques applied in Colombia for health technology and economics assessment. In order to implement the proposed methodology, an empirical study is carried out with data collection fieldwork using the EQ-5D-5 international survey, incorporating sociodemographic questions and the pairwise comparisons matrix for health dimensions. The EQ-VT protocol to obtain preferences by composite time trade off -cTTO- and the visual analog scale -VAS- for individual perception about health status are used. Weights for the several health states were obtained using the proposed hybrid methods, cTTO and VAS. Then a comparison is made using quality adjusted life years -QALYS-, weights and the hierarchical structure of the health dimensions. This exercise shows that there are methods with little complex mathematical algorithms that produce consistent results and adjust adequately to the utilities. These methods do not require long processes and training costs to the interviewers and can be applied to specific populations that have been treated by different health programs. In addition they make it possible to eliminate bias imposed by duration in better and worse states of health, and they preserve ordinal preferences expressed in consistent comparison matrices, which allows preserving the range in a strong way.

Keywords: Health Status Assessment, Health Index, Preferences, Decision making, Multicriteria Decision Analysis.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VI
LISTA DE ABREVIACIONES.....	IX
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE FIGURAS	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE APROXIMACIONES EXISTENTES	5
2.1. DE LA UTILIDAD ESPERADA A LA UTILIDAD EXPERIMENTADA EN LA EVALUACIÓN ECONÓMICA EN SALUD.....	6
2.2. EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍA/PROGRAMAS/SERVICIOS DE SALUD E ÍNDICE DE SALUD	13
2.3. EL ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA TOMA DE DECISIONES EN SALUD	22
2.3.1. Teoría de la Utilidad Multi-Atributo –MAUT-.....	23
2.3.2. Proceso Analítico Jerárquico -AHP-.....	30
2.4. INTERCAMBIO TEMPORAL –TTO-.....	34
2.5. LA EVALUACIÓN ECONÓMICA EN SALUD EN COLOMBIA.....	38
3. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SALUD	42
2.1. INTERCAMBIO TEMPORAL COMPUESTO –CTTO- Y MODELO DE ESTIMACIÓN	47
2.2. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SALUD	53
2.2.1. Proceso Analítico Jerárquico –AHP-.....	53
2.2.2. Proceso Analítico Jerárquico extendido por D números –D-AHP-.....	57
2.2.2.1. Bases Teóricas de los D números.....	58
2.2.2.2. Extensión del AHP ‘por D números	61
2.2.3. Aproximación por AHP difuso –FAHP-.....	64
2.2.3.1. Bases teóricas de la lógica difusa.....	64
2.2.3.2. Aplicación de la Lógica difusa al AHP.....	66
2.2.4. Técnica de ordenación de preferencia por similitud a la ideal –TOPSIS-	69
2.3. OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA.....	72
2.3.1. Diseño de instrumento de recolección de información	73
2.3.2. Población y muestra	77
2.3.3. Limitaciones en la recolección de información	79
2.4. DESARROLLO Y APLICACIÓN METODOLÓGICA AL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SALUD.....	80
2.4.1. Método para estimación del índice teórico, por VAS y cTTO	80
2.4.2. AHP Simple	84
2.4.3. AHP extendido por D números (DAHP)	86
2.4.4. AHP Difuso (FAHP)	91
2.4.5. TOPSIS	93

3. ANALISIS DE RESULTADOS EN LA ESTIMACIÓN Y CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SALUD	97
3.1. CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA	97
3.2. ESTIMACIÓN POR VAS Y CTTO: MÉTODOS TRADICIONALES	102
3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS POR MÉTODOS HÍBRIDOS PROPUESTOS	110
3.3.1. AHP – TOPSIS	111
3.3.2. DAHP - TOPSIS	114
3.3.3. FAHP – TOPSIS	118
3.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS POR DIFERENTES MÉTODOS	120
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
4.1. CONCLUSIONES	126
4.2. RECOMENDACIONES	130
4.3. FORTALEZAS Y LIMITACIONES	131
5. REFERENCIAS	132
A. ANEXO: CONSENTIMIENTO INFORMADO	143
B. ANEXO: PERMISO PARA USAR EQ-5D-5L	144
C. ANEXO: ENCUESTA EQ-5D-5L	145
D. ANEXO: SALIDAS STATA	149
E. ANEXO: VALORES NÍTIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ AGREGADA POR DAHP	154
F. ANEXO: RESULTADOS DEL VALOR DE ÍNDICE POR MÉTODO	159

Lista de abreviaciones

Abreviatura	Término
OMS:	Organización Mundial de la Salud
QALYS:	Años de Vida Ajustados por Calidad
MCDM:	Métodos de análisis multi-criterio
MAUT:	Teoría de la utilidad multi-atributo
vN-M:	Von Neumann y Morgenstern
HUI:	Índice de Utilidades en Salud
EQ-5D-5L:	Formulario Internacional para el levantamiento de preferencias por estados de salud
TTO:	Intercambio temporal
HRQ:	Calidad de vida relacionada con la salud
LTTO:	Intercambio temporal con tiempo de espera
cTTO:	Intercambio temporal compuesto
BTD:	Estados de salud mejores a la muerte
WTD:	Estados de salud peores a la muerte
EQ-VT:	Protocolo para la implementación del intercambio temporal compuesto
OLS:	Mínimos cuadrados Ordinarios
GLS:	Mínimos cuadrados generalizados
RE:	Efectos aleatorios
FE:	Efectos fijos
AHP:	Proceso analítico jerárquico
RC:	Razón de consistencia
IC:	Índice de consistencia
IA:	Índice de consistencia aleatoria
DAHP:	Proceso analítico jerárquico extendido por D números
FAHP:	Proceso analítico jerárquico difuso
TOPSIS:	Técnica de ordenación de preferencia por similitud a la ideal
EPS:	Entidad promotora de salud

Lista de tablas

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LITERATURA.....	6
TABLA 2. RELACIÓN DE ESTUDIOS POR TIPO MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE PREFERENCIAS 1970-2018.	29
TABLA 3: TIPOS DE RESULTADOS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS MULTICRITERIO ASOCIADOS.....	44
TABLA 4. CUESTIONARIO EQ-5D-5L	48
TABLA 5. ESCALA DE IMPORTANCIA RELATIVA.....	54
TABLA 6. ÍNDICE DE CONSISTENCIA ALEATORIA.....	56
TABLA 7. ESCALA DE SAATY EN NÚMEROS DIFUSOS TRAPEZOIDALES.....	68
TABLA 8. ELECCIÓN DE ESCENARIOS.....	72
TABLA 9. BLOQUE 2 DE PREGUNTAS EQ-5D-5L Y VAS	74
TABLA 10. COMPARACIÓN PAREADA DE DIMENSIONES	75
TABLA 11. MUESTRA Y CUOTAS	78
TABLA 12. DEFINICIÓN DE VARIABLES USADAS EN LA ESTIMACIÓN POR VAS	81
TABLA 13. EJEMPLO DE AGREGACIÓN POR FAHP	92
TABLA 14. DISTANCIAS Y PUNTAJES DE DESEMPEÑO.....	95
TABLA 15. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	97
TABLA 16. RESPUESTAS POR DIMENSIONES QUE DESCRIBEN EL ESTADO DE SALUD.....	98
TABLA 17. ÍNDICE DE SALUD TEÓRICO Y POR VAS.....	100
TABLA 18. MODELOS ESTIMADOS POR OLS.....	103
TABLA 19. PRUEBA DE ESPECIFICACIÓN.....	104
TABLA 20. PRUEBA DE MULTICOLINEALIDAD.....	104
TABLA 21. VALORES DECLARADOS Y PREDICCIÓN	105
TABLA 22. VARIABLES PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE POR CTTO	106
TABLA 23. MODELOS ESTIMADOS CTTO	108
TABLA 24. PRUEBA DE HAUSMAN	109
TABLA 25. CÓDIGOS POR ESCENARIOS Y PUNTAJE.....	110
TABLA 26. RAZÓN DE CONSISTENCIA.....	112
TABLA 27. MATRIZ DE COMPARACIÓN PAREADA AGREGADA.....	112
TABLA 28. VALOR PROPIO Y JERARQUÍAS.....	113
TABLA 29. ESCENARIOS DE SOLUCIÓN	113
TABLA 30. MATRIZ NÍTIDA Y AGREGADA POR D-NÚMEROS.....	115
TABLA 31. VALORES NÍTIDOS MATRIZ POR D-NÚMEROS	115
TABLA 32. MATRIZ DE PROBABILIDADES Y ORDEN JERÁRQUICO	116
TABLA 33. SOLUCIONES IDEAL Y ANTI IDEAL.....	117
TABLA 34. MATRIZ AGREGADA DIFUSA	119
TABLA 35. MATRIZ AGREGADA DE NÚMEROS NÍTIDOS Y VECTOR PROPIO	119
TABLA 36. COMPARACIÓN DE QALYS DERIVADOS POR ESCENARIOS	122
TABLA 37. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS.....	124
TABLA 38. PESOS Y ORDEN JERÁRQUICO.....	124
TABLA 39. COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE PRIORIZACIÓN	125

Lista de figuras

FIGURA 1. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO CON EL ÍNDICE DE SALUD.....	22
FIGURA 2. ESQUEMA GENERAL DE ANÁLISIS POR JUEGO ESTÁNDAR	26
FIGURA 3. TTO CONVENCIONAL PARA ESTADOS DE SALUD CONSIDERADOS PEORES A LA MUERTE.....	36
FIGURA 4. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LAS ETAPAS METODOLÓGICAS	46
FIGURA 5. INTERCAMBIO TEMPORAL PARA ESTADOS DE SALUD BTD	49
FIGURA 6. LTTO PARA ESTADOS WTD	50
FIGURA 7. ESQUEMA DE ITERACIÓN MEDIANTE ENCUESTA POR EQ-VT	51
FIGURA 8. REPRESENTACIÓN DE LA ESCALA EN NÚMERO DIFUSO	68
FIGURA 9. ANÁLISIS GRÁFICO TOPSIS	70
FIGURA 10. ESCENARIOS PARA ESTADOS BTD	76
FIGURA 11. ESCENARIO PARA ESTADOS DE SALUD WTD	77
FIGURA 12. ÁRBOL DE JERARQUÍAS BAJO AHP	85
FIGURA 13. DIFERENCIA DE JUICIOS EN UN MARCO DE DISCERNIMIENTO Y EN D-NÚMEROS.....	90
FIGURA 14. COMPARACIÓN DE VALORES POR VAS VS TEÓRICO.....	102
FIGURA 15. VALORES POR AHP_TOPSIS, TEÓRICO Y VAS	114
FIGURA 16. PESOS DE LAS DIMENSIONES	117
FIGURA 17. COMPARACIÓN DE PUNTAJES POR DAHP_TOPSIS Y VAS	118
FIGURA 18. COMPARACIÓN DE PUNTAJES POR FAHP_TOPSIS Y VAS.....	120
FIGURA 19. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE MÉTODOS	123

INTRODUCCIÓN

En 1947 la Organización Mundial de la Salud —OMS— define a la salud como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no sólo como ausencia de enfermedad o dolencia. A partir de ese año, se concentraron los esfuerzos a nivel mundial en medir esta definición, crear metodologías para la comparación de alternativas y obtener medidas de resultado común en la evaluación económica y de tecnologías sanitarias, lo que facilitaría la toma de decisiones en la asignación eficiente de los recursos escasos. Este análisis se inserta en la denominada economía de la salud definida por Mushkin en 1958 como un campo de investigación en el uso óptimo de los recursos para la atención de la enfermedad y la promoción de la salud, su tarea principal es evaluar la eficiencia en la organización de los servicios de salud y sugerir formas de mejorarla. Dicha asignación de recursos económicos se guía por las preferencias expresadas en el mercado mediante las decisiones de consumo de bienes y/o servicios.

En este sentido, aunque el proceso y método para la toma de decisiones en el sector salud no difiere teóricamente de la toma de decisiones en otros campos, las decisiones clínicas tienen consecuencias no monetarias importantes y las variaciones en las características individuales hacen difícil predecir cómo una persona responderá física, social y emocionalmente a un tratamiento/programa específico (Watts, 1980) a lo que Mushkin (1958, p 791) sugiere que el cálculo de los resultados de los servicios y tratamientos en salud deberían estar basados en unidades distintas a las monetarias, permitiendo el surgimiento del análisis costo efectividad y/o de utilidad. A partir de esta fecha el análisis se centró en problemas de toma de decisiones con criterios y alternativas múltiples pero finitas, utilizando como marco la teoría de la utilidad multi-atributo (MAUT siglas en inglés), específicamente en la medición de los resultados y obtención de preferencias y utilidades ordinales derivadas de las mejoras en la salud reportadas, bajo el supuesto de la maximización de utilidad. Este enfoque permite asignar valores de utilidad a cada estado de salud independientemente de la enfermedad lo que llevo a definir los primeros criterios para la medición de preferencias por estados de salud en escalas ordinales de [0–1] o de [0-100].

Los trabajos empíricos seminales en este tema utilizan el enfoque de la teoría de la utilidad esperada, aplicado comúnmente al análisis de preferencias para la toma de decisiones bajo

riesgo en múltiples áreas del conocimiento. Este enfoque se construye siguiendo la tradición teórica propuesta por Bernoulli en 1738 (Bernoulli, 1954) y el supuesto de elecciones finitas propuesto por Von Neumann y Morgenstern (vN-M) en 1953 para el estudio de la toma de decisiones de agentes económicos con racionalidad perfecta, cuyo objetivo es la maximización de la utilidad. La aplicación de este enfoque en el sector salud debe satisfacer además los supuestos de independencia, neutralidad al riesgo e intercambio temporal constante (Pliskin, Shepard, y Weinstein 1980).

Así, el análisis costo utilidad se concentra en medir los resultados de intervenciones en salud a través de estados de preferencias o utilidades ordinales derivadas de las mejoras en la salud reportadas por la población en general. Este método se ha generalizado y con él la aplicación de encuestas genéricas como el índice de utilidades en salud (HUI-1, 2 y 3) utilizada inicialmente en Canadá para medir el estado de salud y la calidad de vida relacionada con esta, la encuesta SF-36 y su versión corta la SF-12 propuestas en Estados Unidos en la década de 1990 para obtener perfiles de estados de salud y estimar la carga de la enfermedad y la encuesta EQ-5D-3L, 5L y 5D-Y versiones propuestas en la Unión Europea por el grupo EuroQol (EQ) que miden la salud en cinco dimensiones (5D), con opciones de respuesta a tres o cinco niveles, 3L y 5L respectivamente, la primera versión (EQ-5D-3L) fue introducida en 1990 y se le adicionó la escala visual análoga (VAS siglas en inglés para Visual Analogue Scale) para medir el estado de salud al momento de la encuesta en una escala de 0 -100 siendo cero el peor estado y 100 el mejor. La versión 5L se introdujo en el año 2009 junto con la versión para niños y adolescentes menores a 18 años (EQ-5D-Y).

Dichas consideraciones llevaron a la implementación de métodos del análisis multicriterio (MCDM) a fin de derivar preferencias por diferentes estados de salud y obtener así funciones de utilidad ordinales, dando origen a los conceptos y medición del índice de salud (Torrance, 1972) y años de vida ajustados por calidad -QALYs- (siglas en inglés para Quality-adjusted life years) (Zeckhauser, 1976 medidas de resultado comunes en la evaluación costo utilidad y efectividad, que combinan cantidad y calidad de vida para evaluar los posibles resultados de intervenciones y programas que buscan mejorar la calidad de vida relacionada con la salud y donde las alternativas comparadas afectan tanto la mortalidad como la morbilidad.

De otro lado y con el surgimiento del Proceso Analítico Jerárquico (AHP siglas en inglés) presentado teórica y empíricamente por Saaty en 1980 se expanden los métodos del

análisis multicriterio llevados al análisis de decisiones médicas a través de la redefinición de criterios, determinación de métodos de ponderación y agregación y análisis de sensibilidad aplicados a enfermedades específicas desde el punto de vista del personal médico tratante. Este cambio metodológico se une al cambio de dirección en los supuestos que sustentan la teoría del índice de salud y de revelación de preferencias, asociado principalmente a la ruptura del paradigma de la teoría de la racionalidad perfecta y utilidad esperada jalonada por las teorías de la racionalidad limitada propuesta por Simon en 1979 y por la teoría de la prospectiva de Kahneman y Tversky (1979). Estas teorías han sido llevadas al caso específico de la toma de decisiones en el sector salud y se ha explicado teóricamente hacia dónde debería dirigirse la investigación en la derivación de utilidades y preferencias (Dolan y Kahneman, 2008) inclinando el interés por desarrollar investigaciones que examinen la validez predictiva de los métodos basados en utilidad esperada en comparación con aquellos que utilizan la teoría prospectiva y racionalidad limitada en la extensión y calidad de vida, la aversión a la pérdida de salud, el sesgo derivado de la duración de estados de salud considerados peores que la muerte y la aplicación de herramientas utilizadas en otras áreas del conocimiento con el fin de entender el proceso de toma de decisiones.

A pesar de estos avances, no se ha considerado la evaluación e importancia que tendría el punto de referencia, la experiencia, el aprendizaje previo y la adaptación como factores cruciales en la toma de decisiones y su efecto en la jerarquización de las dimensiones de salud, ni en cómo estos aspectos definirían el cambio en torno a ganancias y pérdidas derivadas de intervenciones o programas que obtengan el mismo resultado final, tampoco se ha propuesto un método diferente al intercambio temporal –TTO- (siglas en Inglés para Time Trade Off) para obtener preferencias ni aprovechado los avances en métodos multicriterio que podrían ser aplicados para mejorar el indicador. Por el contrario, los estudios se han concentrado en refinar el método y corregir los posibles errores en el proceso de encuesta e implementar modelos econométricos robustos para su cálculo pasando de la estimación por mínimos cuadrados generalizados (GLS) a modelos con variable dependiente censurada (TOBIT).

Estas consideraciones permiten plantear como hipótesis que una metodología que capture la percepción de los individuos a través de preferencias, en cuanto a su estado de salud actual, generará un índice de salud con mayor poder predictivo y coherente con sus características individuales y proceso de toma de decisiones.

Así con el objetivo general de proponer y aplicar una metodología para la construcción de un índice de salud a partir de la percepción y toma de decisiones individuales, se realiza una investigación cuantitativa no experimental que se inscribe en el paradigma post-positivista que se desarrolla en cuatro etapas metodológicas exploratorias y descriptivas para alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Describir los supuestos teóricos seminales que dan origen al análisis costo utilidad en la evaluación de tecnologías sanitarias e identificar los métodos utilizados para su construcción.
- Interpretar el concepto de maximización y el de satisfacción en la percepción individual del estado de salud.
- Proponer un método de encuesta que capture las valoraciones que los individuos dan a las diferentes dimensiones del estado de salud.
- Estudiar y evaluar métodos alternativos para el cálculo del índice de salud y que se inscriban en el paradigma de utilidad experimentada en salud.
- Verificar, mediante un estudio empírico, si los métodos propuestos se ajustan al índice de salud calculado por métodos tradicionales, permite corregir errores de consistencia, independencia y describir la situación real de salud del individuo.

Se espera que esta investigación aporte una herramienta metodológica útil que permita corregir los problemas derivados en el método de encuesta y en el levantamiento de preferencias como insumos en la construcción del índice de salud, contribuyendo de esta forma a la construcción teórica y empírica en la evaluación de programas de salud en Colombia y en el Mundo en procura de mejorar la salud de la población. Además abre nuevas rutas para el análisis, permite superar barreras y deficiencias en los métodos existentes y genera nuevas y diversas preguntas de investigación.

2. REVISIÓN DE APROXIMACIONES EXISTENTES

Con el objetivo de identificar enfoques y métodos para el levantamiento de preferencias y construcción del índice de salud en esta etapa se realiza una investigación de tipo exploratoria y descriptiva a través de la búsqueda, clasificación y análisis de información documental disponible en bases de datos especializadas como Scopus, ScienceDirect, Pubmed, Medline, Springer y Sage Journal, entre 1947 y 2018. En la revisión inicial se incluyeron 496 artículos completos en inglés, seleccionados por el uso de las siguientes palabras clave en el título y resumen: (health index) AND (Economic Assessment), (health utilities OR cost utilities) AND (economic assessment), (multicriteria decision analysis OR MCDA) AND (patient preference or health technology assessment or health status index), (multicriteria decision making OR MCDM) AND (patient preference or health technology assessment or health status index). Para el análisis a profundidad se consideraron aquellos artículos que hicieran explícita la metodología y/o teorías para la definición de criterios, percepción del paciente en la evaluación de preferencias y la utilización de algún método de obtención y agregación de las mismas, lo que redujo el universo a 102 artículos, fueron excluidos los estudios realizados desde el punto de vista médico o del sistema de salud. Esta primera revisión permite clasificar los artículos para la construcción del marco teórico y conceptual en términos de la teoría de la utilidad en el proceso de toma de decisiones, evaluación económica en salud, levantamiento de preferencias y análisis multicriterio.

Este análisis sigue el protocolo de la revisión sistemática del tipo meta narrativa que resume la información científica disponible, válida conclusiones e identifica áreas de investigación poco desarrolladas (González, Urrútia y Coello, 2011). Siguiendo a Wong, Greenhalgh, Westhorp, Buckingham y Pawson (2013) este es un método relativamente nuevo, útil para estudiar temas que han sido conceptualizados y estudiados por diferentes grupos de investigadores y con el interés de encontrar los documentos seminales sobre un tema específico.

Inicialmente los artículos se clasifican por título y resumen según el contenido en términos de antecedentes, objetivo, tipo de investigación y resultados. La lectura y análisis a profundidad permitió, a partir de las variables identificadas, definir categorías de agrupación y clasificación, la obtención de resultados, por temas, categorías y descripción se hace utilizando el software Atlas Ti a partir de matrices de clasificación por Autor, País, Año, título, marco teórico, definición de utilidad, preferencias e índice de salud y métodos de análisis.

Esta revisión permite clasificar la literatura y los hallazgos en cuatro áreas. 1. Aproximación teórica que soporta la construcción del índice de salud. 2. Construcción del índice de salud, variable clave en el cálculo de un indicador sintético de resultado en salud. 3. Métodos de análisis multicriterio utilizados para el levantamiento de preferencias y obtención del punto de indiferencia y 4. Aplicación del método TTO como la técnica frecuentemente utilizada en el proceso de encuesta para obtener la revelación de preferencias. Lo encontrado en estas cuatro áreas se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de literatura

Temas de análisis	Categorías	Clasificación	n
Teoría de la Utilidad Multiatributo	Teóricos	Utilidad Esperada	10
		Utilidad Experimentada	6
	Empíricos	Estimación y Cálculo Índice de Salud	25
Proceso Analítico Jerárquico y TOPSIS	Teoría y Aplicaciones	Cáncer	11
		Diagnóstico	3
		Enfermedad General	10
		Medicamentos	5
		Revisiones	4
		Teoría y Aplicación	9
Intercambio Temporal	Intercambio temporal, intercambio por tiempos de espera e intercambio temporal compuesto	Teoría	6
		Propuestas Metodológicas	4
Evaluación económica de tecnologías sanitarias en Colombia	Análisis Normativo, aplicaciones y teoría	Marco Normativo	5
		Apuntes Teóricos	4

2.1. De la utilidad esperada a la utilidad experimentada en la evaluación económica en salud

La evaluación económica en salud surge como un campo de estudio dentro de la denominada Economía de la Salud, área de estudio de la Economía definida por Mushkin en 1958 como la asignación eficiente de los recursos destinados a la atención de la enfermedad y la promoción de la salud. En esta área, los primeros trabajos empíricos fueron publicados finalizando la década de 1960 y en estos, el objetivo principal fue el de orientar la toma de decisiones en un contexto específico y comparar distintas alternativas de tratamiento o de programas de salud en términos de costos marginales y los efectos sobre la salud individual. Inicialmente se consideró que los fundamentos teóricos para este tipo de análisis provenían desde la Economía por dos vías; de la maximización de la utilidad a

partir del modelo estándar del tipo vN-M y del análisis de la economía del bienestar (Garber y Phelps, 1997 y Drummond y McGuire, 2001).

De lo anterior, se asume que los estudios a nivel microeconómico se sustentan en la teoría de la utilidad esperada cuyos aportes iniciales fueron propuestos por Bernoulli en 1738 como una teoría para cuantificar los riesgos, así en el siglo XVIII Bernoulli hace una exposición de su propuesta teórica considerando que hasta la fecha se tenía como regla para el cálculo del valor esperado dividir la sumatoria de cada posible ganancia, multiplicada por el número de elecciones que podían generarla, sobre el número total de posibles elecciones. Bajo dicha regla, la hipótesis sostenía que aunque no es posible que dos personas diferentes enfrenten el mismo nivel de riesgo, el riesgo anticipado por cada uno de ellos debe considerarse igual; en este caso lo esencial no serían las características de las personas sino los aspectos que tienen que ver con el riesgo. En su propuesta teórica Bernoulli afirma que no todas las personas pueden usar la misma regla para evaluar el riesgo y que es necesario tener una unidad de medida universalmente aceptada para el valor esperado, concluyendo que la determinación del valor no podía estar basada en los precios, comunes para todos, sino en la utilidad que se produce, la cual depende de las circunstancias de la persona que toma la decisión.

Bajo este enfoque se concluye que aunque en términos absolutos una ganancia de dinero sea la misma, es más significativa para una persona de bajos ingresos en comparación con una persona de ingresos altos, bajo esta nueva hipótesis la regla se convertiría en la siguiente: Si la utilidad esperada de cada posible ganancia se multiplica por el número de elecciones que puedan generarla, y luego la sumatoria de estos productos se divide por el número total de posibles elecciones, se obtiene como resultado una utilidad media, donde la ganancia que genera esta utilidad igualará al valor en riesgo. Esta regla supone un crecimiento continuo e imperceptible en la riqueza del individuo por lo que cualquier aumento en la riqueza generará un aumento en la utilidad pero ésta, en todo caso, mantendrá una relación inversa con la cantidad de bienes que ya se poseían, por lo que se asume entonces una función de utilidad cóncava, elecciones infinitas y características individuales como factores determinantes.

Este planteamiento de la utilidad esperada fue utilizado en el 1953 por vN-M bajo el supuesto a elecciones finitas e incorporó los avances en la teoría de la probabilidad para modelar el riesgo y la incertidumbre asociada al proceso de elección, este fue un avance matemático que guió el estudio del comportamiento económico de consumo y producción

en agentes con racionalidad perfecta que tienen como objetivo la maximización del nivel de utilidad y del beneficio. Este enfoque puede analizarse del siguiente modo: Si X es un subconjunto de números reales que representan los niveles posibles de un solo atributo, se asume que cada resultado o consecuencia posible puede identificarse con un nivel particular x en el conjunto de atributos X . Ahora, si se necesitan múltiples atributos para describir los resultados de la decisión, entonces todos los atributos, excepto X , se mantienen fijos en algún nivel, esto significa que en la mayoría de los casos las funciones de utilidad multiatributo se descomponen en funciones de atributo único, lo que facilita su aplicación empírica.

En este sentido, tomar decisiones sobre alternativas que generan algún riesgo permite tratar dichas alternativas como loterías o apuestas sobre conjuntos finitos de resultados para X , por lo tanto, una alternativa de decisión se define como una apuesta que asigna probabilidades $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m$, a algunos resultados de x en X , donde $\sum_{i=1}^m \theta_i = 1$, T denota todas las apuestas sobre X . Así, un tomador de decisiones individual tiene una relación de preferencia estricta sobre las apuestas en T que satisfacen los axiomas de utilidad esperada, como la transitividad, completitud y reflexividad, esto implica que las preferencias están perfectamente definidas y se pueda asociar una función de utilidad en X , tal que para todas las apuestas $t, q \in T$, t será preferido a q si y solo si la utilidad esperada en t es mayor a la utilidad esperada de q , además debe garantizarse que la función sea única y tenga una escala de medida ordinal para la utilidad.

Así, en la mayoría de los métodos de levantamiento de preferencias bajo el enfoque de utilidad esperada se consideran apuestas sobre dos resultados posibles en X , esto es $x, y \in X$ con probabilidad θ entre 0 y 1. La apuesta entonces produce el resultado x con probabilidad θ y el resultado y con probabilidad $(1 - \theta)$ denotado por $[x, \theta, y]$. Ahora Si $x = y$, $\theta = 0$ o $\theta = 1$ en la apuesta $[x, P, y]$ el resultado ocurrirá con certeza.

Bajo este planteamiento y siguiendo a Farquhar (1984) los métodos que se aplican para la elección entre alternativas se agrupan en los métodos de juego estándar y los métodos de juego pareados, en el primero una de las dos apuestas se presenta con un resultado seguro, en el segundo ninguna de ellas asume resultados con certeza. Bajo ninguno de los métodos se puede asegurar que las respuestas relacionadas con las preferencias individuales, bajo escenarios de decisión, sean consistentes ya que si un tomador de decisiones entiende las implicaciones de sus preferencias declaradas, podría modificar sus respuestas (Wehrung

et al. 1980). En estos métodos el punto de indiferencia se puede obtener por estimación directa pidiéndole a cada individuo, en una respuesta única, identificar su punto de indiferencia utilizando la técnica de convergencia, donde se ajustan sucesivamente los niveles de probabilidad en una secuencia de comparaciones de preferencias hasta que se establece la indiferencia y utiliza la técnica de umbrales para encontrar el límite superior e inferior a través de una secuencia de respuestas.

Este desarrollo teórico aplicado al caso específico de un paciente que tiene que elegir entre diferentes opciones de tratamiento/diagnóstico/servicio genera el siguiente escenario de análisis. Se asume que la probabilidad de sobrevivencia de un individuo depende de las características mismas de las alternativas médicas de diagnóstico o de control de enfermedades, la regla de decisión se basa en la prevalencia de la enfermedad y el valor que se obtiene de mejorar o prolongar la vida, el modelo propuesto por Schweitzer en 1974 supone dos estados; estar enfermo E con una probabilidad θ o, estar sano S con una probabilidad de $(1 - \theta)$, se asume además que el individuo no conoce con certeza cuál es su verdadero estado de salud y tiene que tomar la decisión de hacerse la prueba de diagnóstico A o no hacerla A_0 . Ahora, si tiene la enfermedad y se hace la prueba de diagnóstico, si sale positiva inicia tratamiento y el resultado es una mejora en el estado de salud. Si por el contrario no se hace la prueba no inicia el tratamiento y dado que está enfermo el resultado es la muerte. De este modo ΔL describe un estado de completa salud o mejoras a la misma, T es el costo de la prueba diagnóstica y P el costo del procedimiento médico que mejora el estado de salud.

En consecuencia el valor esperado para las dos alternativas es:

$$VE(A) = \theta(\Delta L - T - P) + (1 - \theta)(\Delta L - T) \quad (1)$$

$$\therefore VE(A) = \theta\Delta L - \theta T - \theta P + \Delta L - T - \theta\Delta L + \theta T \rightarrow VE(A) = \Delta L - T - \theta P \quad (2)$$

$$\therefore VE(A_0) = \theta(0) + (1 - \theta)(\Delta L) = \Delta L - \theta\Delta L \quad (3)$$

En este caso el criterio de costos para decidir es $\lambda = VE(A) - VE(A_0)$ que muestra el diferencial entre las alternativas, por lo que una prueba sería elegida si el costo de la prueba de diagnóstico es inferior a la probabilidad de estar enfermo por el costo del procedimiento médico que logra mejorar el estado de salud de este paciente $T < \theta(\Delta L - P)$.

Este planteamiento que utiliza el valor esperado se convierte en la regla de decisión para la evaluación antes de implementar programas, procedimientos y medicamentos en los sistemas de salud a nivel mundial. Sin embargo en 1992 Garber sugiere que la herramienta de decisión no debería estar basada en los costos sino en la utilidad esperada y formaliza un modelo de maximización de la utilidad para tres periodos tomando como base conceptual la teoría de generaciones traslapadas propuesto por Samuelson en 1958, en el modelo propuesto la utilidad esperada está en función del ingreso neto (Y_i) y de los gastos médicos (C_i), se asume que todos los individuos tienen perfecta salud en el primer período y sobreviven al segundo con una probabilidad P_2 y al tercero con una probabilidad de P_3 . En este modelo los gastos en salud C_1 , afectan P_2 pero no a P_3 y C_2 sólo afectará a P_3 , en este sentido se afirma que los servicios médicos afectarán la utilidad si y sólo si afectan la probabilidad de sobrevivencia, obteniendo la siguiente ecuación para la utilidad esperada.

$$U(E) = U_1(Y_1 - C_1) + P_2(C_1)U_2(Y_2 - C_2) + P_2(C_1)P_3(C_2)U_3(Y_3) \quad (4)$$

De la ecuación (4) se desprende que las variables de elección relevantes son C_1 y C_2 por lo que el objetivo entonces es encontrar un gasto óptimo en el segundo período C_2^* que corresponda a una probabilidad de sobrevivencia óptima para el período tres P_3^* . Así la efectividad está determinada por el incremento en P_2 que resulta de la inversión en salud realizada en C_1 ; lo que a su vez incrementa la utilidad esperada. Ahora, de la maximización de la utilidad respecto al gasto realizado en momento actual C_1 se obtiene la razón incremental óptima.

$$\frac{\partial U(E)}{\partial C_1} = U' = -U_1 + \frac{dP_2}{dC_1}[U_2(Y_2 - C_2)] + P_3(C_2)U_3Y_3 \quad (5)$$

Dado que a P_3 le corresponde un C_2 óptimo, P_3^* es independiente de C_1 , entonces:

$$U' = \frac{dP_2}{dC_1}[U_2(Y_2 - C_2^*) + P_3^*U_3Y_3] \quad (6)$$

De donde

$$\frac{dC_1}{dP_2} = \frac{U_2(Y_2 - C_2^*) + P_3^*U_3Y_3}{U'} \quad (7)$$

Así, la razón óptima es alcanzada cuando es igual a la suma de las utilidades esperadas futuras y normalizada por la utilidad marginal que genera el ingreso del primer período. Este modelo ha sido adaptado para incluir los costos futuros, la utilidad medida como esperanza

de vida, los años de vida ajustados por calidad –QALYs- y el tiempo óptimo de duración de un programa o tratamiento en salud. Se argumenta además que las intervenciones difieren en su productividad marginal, en el tiempo de impacto, en los costos y en las características específicas de los pacientes, debido a que todos estos factores alteran la razón incremental óptima. Este proceso de evaluación económica ha permitido vincular costos y consecuencias para tomar decisiones en la asignación de recursos escasos con el fin de obtener los resultados esperados, sustentado teóricamente en el hecho de que todas las decisiones basadas en la actividad humana se toman considerando múltiples criterios algunos explícitos y otros implícitos, así la evaluación busca identificar, medir, valorar y comparar cursos de acción o alternativas a través de uno de tres métodos costo beneficio, costos efectividad y costo utilidad (Drummond et al, 2005). En este sentido, la evaluación de un programa de atención de salud implica que el programa tiene impacto sobre la salud de la población objetivo; si ese efecto es mejorar la condición de salud, entonces se debe decidir si tal mejora justifica el costo del programa (Torrance, Thomas y Sackett, 1972). Si hay varios programas involucrados, cada uno con un efecto y requisitos de recursos conocidos, y con recursos insuficientes para implementar todos los programas, la pregunta es ¿Cómo determinar el subconjunto óptimo que debe implementarse?. Es importante señalar que estas adaptaciones teóricas llegan al área de la economía de la salud después de conocerse las limitaciones que impone la teoría de la utilidad esperada, especialmente en los bienes de no mercado y de valoración de intangibles como la salud.

Para 1979, Simon pone al descubierto que el modelo matemático que se utiliza para estudiar la toma de decisiones de consumo, es un modelo teórico que no logra describir el comportamiento real de las personas, concluyendo que la racionalidad no es perfecta sino limitada y el objetivo es encontrar soluciones satisfactorias, en lugar de soluciones óptimas/máximas. Esta precisión significa que no es posible hacer una verificación de todas las alternativas finitas posibles en un proceso de toma de decisiones y además, como fue propuesto desde Bernoulli (1954), todas las personas tienen características que están influenciadas por factores de su entorno que las hacen diferentes en características. Así, la racionalidad puede definirse como limitada desde el entorno y desde el proceso cognitivo donde la experiencia, el aprendizaje y la adaptación son elementos fundamentales en la toma de decisiones. Este mismo autor desarrolla modelos de comportamiento adaptativo de los que concluye que en el proceso de racionamiento se aplican reglas heurísticas en la determinación de patrones, los cuales simplifican/limitan las posibilidades de elección.

En ese mismo año (1979) Kahneman y Versky publican el artículo “*Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk*” en el cual presentan una crítica a la teoría de la utilidad esperada como modelo descriptivo de la toma de decisiones reales bajo riesgo. Estas críticas se basan en que la toma de decisiones involucra dos efectos, el de certidumbre y el de aislamiento, el primero porque las personas subestiman los resultados probables en comparación con aquellos que son obtenidos con certeza, y el segundo, debido a la presencia de inconsistencia en las preferencias cuando se presentan las mismas alternativas en forma diferente, demostrando que los generadores de utilidad (valor) son los cambios en el bienestar o en la riqueza más que los resultados finales que incluyen el bienestar/riqueza actual. En esta teoría se reemplaza el concepto de probabilidad por el de pesos de decisión y en lugar de funciones de utilidad se obtiene una función de valor que se considera cóncava para las ganancias y convexa y más pronunciada para las pérdidas y definida como las desviaciones al punto de referencia o características individuales y de contexto propuestas por Bernoulli en 1738.

En este sentido, el contexto pasado y presente de experiencias definirán un nivel de adaptación o punto de referencia por lo que el valor debería estar en función de dos argumentos, la posición base que sirve como punto de referencia y la magnitud del cambio desde el punto de referencia, esta etapa es denominada fase temprana o de preparación. En la fase de evaluación y decisión se elige la alternativa que en la fase temprana obtuvo el valor (V) más alto y que se expresa en dos escalas (π), (v). La primera, π representa los pesos de decisión asociados a cada probabilidad (p) que generalmente se consideran más bajos que las probabilidades correspondientes y se infieren de las elecciones entre alternativas, la segunda (v) asigna a cada resultado x un número $v(x)$ que refleja el valor subjetivo del resultado que es relativo al punto de referencia y que sirve como punto cero en la escala de valor. Otra dificultad del enfoque de utilidad esperada es la presencia de inconsistencia interna en esquemas de levantamiento de preferencias debida a la estructura del problema, al formato de las preguntas y al esquema de elección, aspectos del proceso de evaluación que pueden cambiar las respuestas de un tomador de decisiones (Farquhar, 1980, Tversky and Kahneman 1981).

Esta nueva corriente teórica es interpretada por Dolan y Kahneman en 2008 a la luz de la evaluación de tecnologías sanitarias, mostrando las ventajas de utilizar la utilidad experimentada en lugar de la utilidad esperada al asumir como referente fundamental que en el proceso de salud enfermedad la adaptación tiene efectos importantes en la

determinación de preferencias y obtención del punto de indiferencia y a una diferencia significativa en la toma de decisiones entre individuos “sanos” y enfermos que evalúan el mismo resultado en salud.

2.2. Evaluación de tecnología/programas/servicios de salud e índice de salud

La Organización Mundial de la Salud —OMS— define en 1947 salud como un estado completo de bienestar, en lo físico, mental y social, y no solamente como ausencia de enfermedad o dolencia. A partir de ese año, se concentraron los esfuerzos a nivel mundial en operacionalizar esta definición y obtener un índice de estado de salud a nivel individual que pudiera ser agregado a un grupo o subgrupos de personas y que además sirviera a los tomadores de decisiones para la asignación eficiente de los recursos escasos.

En 1958, Selma Mushkin en su artículo “Hacia una definición de la economía de la salud, hace un recuento de las tres facetas del análisis entre población y recursos desde Marshall, y muestra como el análisis costo – beneficio ganó significancia a partir de la Segunda Guerra Mundial con el debate Winslow-Myrdal en 1952. Winslow, argumenta que la inversión en salud ofrece dividendos al capital humano, muestra el círculo vicioso entre salud y pobreza y enfatiza que los programas de salud pública deberían hacer parte vital de un programa amplio de mejoramiento. Myrdal en 1952 inicia su discusión con el círculo vicioso propuesto por Winslow y elabora la teoría de causación circular sugiriendo que los cálculos acerca del precio de la salud y el costo de la enfermedad deberían estar basados en algo distinto al valor de la salud en unidades monetarias, en parte, porque la disposición a pagar de las personas por mejoras en el estado de salud no es una guía adecuada para la asignación eficiente de recursos.

Así, las respuestas a ¿Qué es la salud? y ¿Cómo se mide? se guiaron por los criterios naturales para medirla definidos en un espacio de tres dimensiones, la función física (x_1), la emocional (x_2) y la social (x_3). La mayoría de los puntos en este espacio tridimensional se consideran factibles de medición; sin embargo tradicionalmente se ha concentrado en términos de mortalidad y sus variaciones, incluso en estudios realizados por la OMS. Para 1965 White afirma que el problema central en la evaluación de la efectividad de los servicios de salud es responder a la pregunta ¿Cuál es el objetivo de un sistema de servicios de salud?, para lo que en ese mismo año Chiang desarrolla la primera propuesta para construir un índice de salud basado en dos dimensiones: salud y no salud, expresado como el número de días-hombre sano año dividido por los posibles días-hombre totales año, en

dicha aproximación los días no sanos tienen el mismo peso, independientemente de la causa a lo que Sullivan en 1966 propone un nuevo índice basado en indicadores de morbilidad medida en tres niveles: clínica, subjetiva y de comportamiento, esta última en términos de movilidad y capacidades limitadas, capacidad restringida y días de incapacidad en la casa o en una institución de salud.

Para 1967 Stewart y Kohn responden a la pregunta sobre los objetivos del sistema de salud diciendo: “preservar y mejorar la salud de la población a fin de minimizar las consecuencias del proceso salud-enfermedad” a lo que White en 1967 agrega que los criterios que permiten medir el estado de salud están determinados por cinco dimensiones: muerte, enfermedad, discapacidad, malestar e insatisfacción. En 1968 Sanazaro y Williamson proponen 12 variables de medición: longevidad, anormalidades físicas, anomalías psicológicas, síntomas físicos, síntomas psicológicos, funciones, actitudes hacia el médico y hacia la atención recibida, actitudes hacia la comprensión de la condición de responsable del episodio de atención, cumplimiento, riesgos y procedimientos innecesarios, hospitalización y costos. En 1968 Packer sugiere agregar al índice propuesto por Sullivan otras dos medidas, una inicial (enfermedad controlada o discapacidad menor) y otra final (muerte prematura) y que debería medirse como:

$$I = \sum_{i=1}^6 C_i t_i \quad (8)$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, 6$ estados de discapacidad posibles

C_i : Peso del factor de discapacidad en el estado i

t_i : Tiempo de duración en el estado i

Bajo esta aproximación surge una nueva pregunta ¿Cómo deberían asignarse los pesos a los estados de discapacidad?. En el estudio de Packer, estos fueron sugeridos por los pacientes y Modi en 1969 propone que deberían estar determinados por el médico tratante en tres niveles: apenas detectable, leve y discapacitante a lo que Kisch (1969) argumenta que determinar la salud en grandes poblaciones a través de un examen físico completo y la historia clínica de cada individuo era una tarea casi imposible, por lo que hace necesario crear una medida aproximada del estado de salud cuyo resultado tenga una correlación positiva con la evaluación que un profesional de la salud pudiera hacer de ella. Para esa fecha los indicadores comunes para la medición del estado de salud son: edad, sexo, días de estancia hospitalaria, número de visitas al médico, y el dinero gastado en la atención

médica. Dichas medidas se consideraron inapropiadas porque subestimaban la enfermedad en individuos asintomáticos que no buscan atención médica.

Así y como parte de un estudio para cuantificar los determinantes de la demanda de atención en salud realizado Kisch, A. et al, en 1968 se desarrolla y prueba una nueva medida del estado de salud en una muestra de 2000 personas. Bajo esta nueva unidad de medida se asume una relación inversa entre el estado de salud y la intensidad de la enfermedad experimentada, esta medida se calcula de la respuesta a cuatro preguntas dos relacionadas con enfermedades agudas y dos relacionadas con enfermedad crónica considerando en ambos casos un período de recuperación de un año, la puntuación dada a las cuatro preguntas es acumulativa donde un valor total de cero representa el estado de salud perfecto, y aumentos en el puntaje de éste representaban disminuciones. Esta metodología permite desarrollar el primer cuestionario para medir el estado de salud a nivel individual en una escala de 0 a 100 con tres criterios: días de hospitalización en el año inmediatamente anterior, consumo de medicamentos y presencia de enfermedades permanentes, los resultados se agruparon en tres niveles según el puntaje obtenido así: buen estado de salud de 0-20, entre 21-60 nivel medio de salud y valores mayores a 60 se considera un estado de salud pobre.

De estas aproximaciones se evidencian los múltiples atributos que permiten medir el estado de salud y los problemas de medición para cada uno de los criterios propuestos, por lo que se concluye que la asignación óptima de recursos implica una solución que maximiza los objetivos del sistema para mantener y mejorar la salud de las personas, lo que al parecer se logra estableciendo una escala de salud o construyendo un índice de salud que permita su medición en una escala dimensional simple.

Para 1970 Fanshel y Bush introducen el análisis costo-utilidad como una herramienta para la evaluación de tecnologías sanitarias, asumiendo la teoría del análisis de la utilidad esperada del tipo vN-M al proceso de maximización de la utilidad y asignando pesos cardinales de utilidad ordinal aplicados al caso de los servicios de salud y generando la base teórica que sustenta el llamado índice de salud. Torrance en 1970 propone la construcción de escalas de utilidad individuales para ser agregadas a nivel social, en esta propuesta el estado de salud es una combinación de las tres dimensiones propuestas por la OMS en 1947 y mide la utilidad derivada de un estado de salud específico en un intervalo a escala lineal $[0 - 1]$; donde 0 es muerte y 1 perfecta salud. Para 1972 Torrance, Thomas y Sackett propusieron un modelo básico para la construcción del índice de utilidades en

salud variando cada estado entre perfecta salud o ausencia total de cualquier función en un periodo específico, pero sin representar la utilidad de un estado para diferentes extensiones del tiempo, por lo que fue importante determinar la duración de un estado de salud, en particular, antes del calcular la utilidad asociada a éste.

Así, luego de la fundamentación teórica de la utilidad para la evaluación de programas de salud, Torrance (1976) basado en el trabajo de Dowie (1970) hace una primera aproximación para fundamentar teóricamente los modelos de índice de estado de salud dentro de los axiomas de la teoría de la utilidad y relacionarlo con la definición y medición de la utilidad que obtiene un individuo al mejorar su estado de salud, permitiendo así obtener funciones de utilidad para periodos adicionales de salud y de enfermedad.

Para la década de 1980, el interés se centra en la importancia del punto de vista del paciente en el seguimiento de la calidad de los resultados de la atención médica (Geigle y Jones, 1990), entendiendo calidad como prolongación de la vida, alivio del sufrimiento, restauración de la función física y prevención de discapacidad, factores propuestos por Lembcke en 1952 y donde se reconoce al paciente como la mejor fuente de información con respecto a la consecución de estos objetivos, sin embargo, la información sobre sus experiencias de enfermedad y tratamiento no se incorporaron de forma rutinaria en la investigación clínica o a la práctica médica y no están disponibles en bases de datos médicas (Ware y Sherbourne, 1992). Hasta esa época los resultados en salud se basaron en medidas biológicas y fue a través de esta nueva aproximación que se establece el término calidad de vida asociada a la salud –HRQL- (siglas en inglés Health related quality of life)

Torrance, Boyle y Horwood en 1982 reportan los resultados de un estudio en el que seleccionaron cuatro criterios: función física medida como movilidad y actividad en una escala de seis niveles, la función de autocuidado medida en 5 niveles, la función social-emocional en 4 niveles y problemas de salud medida en una escala de 1 a 8. Con este trabajo surge la primera encuesta de utilidades en salud (HUI) aplicada a enfermedades específicas y las versiones HUI-2 y HUI-3 para la aplicación a la población en general en Canadá y la construcción del índice de utilidades en salud basado en la teoría de la utilidad multiatributo –MAUT-.

En 1985 se realiza el estudio de resultados médicos (Medical Outcomes Study –MOS-) en los Estados Unidos que incorporó medidas de HRQOL en un estudio longitudinal a dos años de seguimiento en pacientes con enfermedades crónicas. En este estudio se miden 116

ítems para salud en general, física y mental. El cuestionario fue diseñado con el fin de determinar si diferentes resultados de salud podrían ser explicados por diferencias en el sistema de atención, especialidad médica, estilos y técnicas interpersonales de los clínicos y para desarrollar herramientas en el control rutinario de los resultados del paciente en la práctica médica. Los resultados incluyeron puntos finales clínicos; físicos, sociales, el papel funcional en la vida diaria; percepciones de los pacientes de su salud general y el bienestar; la satisfacción con el tratamiento en el sistema de salud, especialidad médica, técnica médica y estilo interpersonal (Tarlov *et al*, 1989).

Para 1988 se crea la versión corta del cuestionario utilizado en el MOS y se denomina SF-36, construida con ocho dominios de salud los cuales fueron seleccionados a partir de los 40 que se incluyeron en el MOS (Ware, 1988). Los dominios elegidos representaron, según la literatura médica, los más afectados por las enfermedades y condiciones de salud (Ware, 1995;. Ware et al, 1993). Esta encuesta incluyó una escala multi-atributo de medición en: 1) funcionamiento físico; 2) limitaciones por problemas físicos de salud; 3) dolor corporal; 4) funcionamiento social; 5) salud mental general (angustia psicológica y bienestar psicológico); 6) limitaciones por problemas emocionales; 7) la vitalidad (energía/fatiga), y 8) percepciones generales de salud.

Según Brooks (1996) el Grupo EuroQol se reúne por primera vez en 1987 para probar la viabilidad de desarrollar un instrumento genérico que permitiera capturar las dimensiones: física, mental y social del concepto de salud, sin que fuera específico a ninguna enfermedad, en particular y que permitiera describir y valorar la calidad de vida relacionada con la salud. Dicho instrumento pretendió complementar otras formas de medidas de calidad de vida, y se desarrolla con el propósito de generar un índice cardinal de estado salud, lo que le otorga un gran potencial para su uso en la evaluación económica que combina las propuestas derivadas de las encuestas HUI 1, 2, y 3 y la SF-36 y su versión corta la SF-12. El grupo además, presta particular interés en temas como el modelamiento de datos, la duración de los estados de salud, los problemas relacionados con el peor estado de salud y la generación de protocolos para la obtención de preferencias y determinación de puntos de indiferencia. En este cuestionario el estado de salud se mide de acuerdo a cinco dimensiones: movilidad, autocuidado, actividades habituales, dolor/malestar y ansiedad/depresión; en cada dimensión se contemplan tres posibles niveles de respuesta: No hay problemas (1), algún problema (2) y problemas graves (3). Este cuestionario genérico se ha denominado EQ-5D-3L, EQ se refiere al grupo que lo creó,

5D al número de dimensiones en salud evaluadas y 3L al número de opciones de respuesta posibles. Esta combinación de dimensiones y opciones de respuesta permite obtener y describir 243 posibles estados de salud desde el 11111 como el mejor estado posible hasta el 33333 como el peor. Esta encuesta está disponible en 169 idiomas, incluido español Colombia y validada en más de 50 países, inicialmente se aplica en el Reino Unido, Países Bajos y Suecia y los resultados derivados de su aplicación sucesiva han sido considerados holísticos y completos para describir el estado de salud (Froberg y Kane, 1989a).

En el 2009 el grupo EuroQol hace una modificación al cuestionario ampliando la escala de respuesta a cinco niveles siendo 11111 plena salud y 55555 el peor estado, este cambio permite generar 3125 posibles estados salud. Esta nueva versión se conoce con el nombre EQ-5D-5L, se genera el cuestionario EQ-5D-Y para ser aplicado a niños y adolescentes menores de 18 años. Aunque el grupo EuroQol no tiene un algoritmo estándar para obtener los ponderadores por dimensión, y luego agregar las condiciones/estados de salud de las personas, se ha generalizado el uso de la técnica estadística de mínimos cuadrados generalizados con variable dependiente aditiva propuesto por Dolan en 1997.

Los formatos disponibles de estas encuestas en versión digital e impresa, se acompañan de la VAS (siglas en inglés para Visual Analogue Scale) termómetro que mide el estado de salud al momento de la encuesta en una escala de 0 a 100, siendo 100 el mejor estado de salud posible. Estas dimensiones de salud evaluadas se obtuvieron de la definición de la OMS en 1946 y de una encuesta sobre los conceptos de salud realizada en 1994 con entrevistas a profundidad a 196 personas de la que se concluye que los conceptos para definir una buena salud son la condición física y el bienestar psicosocial, siendo las dimensiones biomédicas las de menor importancia, por lo que un buen estado de salud se asocia a un concepto sistémico que va más allá del no estar enfermo. En la definición de malos estados de salud las características biomédicas y físicas fueron las más significativas (Van Dalen et al, 1994).

El cuestionario EQ-5D-3L se aplica por primera vez en 1993 en una población general de 3.395 personas adultas en Inglaterra, Escocia, y Gales, bajo la metodología de TTO convencional siguiendo el protocolo diseñado en la Universidad de York en Inglaterra para la medición y valoración en salud –MVH-. Según este protocolo se debe determinar el punto de indiferencia en la elección por diferentes estados de salud hipotéticos, donde cada entrevistado debe definir su estado de salud al momento de la encuesta evaluando las cinco dimensiones y la VAS. Para el levantamiento de preferencias se eligen 15 de los 243

estados de salud posibles y se valoran separadamente los estados BTD y WTD. Estos cuestionarios aplicados a población general y/o con enfermedades específicas, asumen intervalos iguales entre las dimensiones de salud y se destaca la aplicación en estudios clínicos, económicos y poblacionales.

Así, la construcción del índice de salud no solo permite analizar el impacto de los programas sobre la salud de la población sino que se convierte en el insumo principal para realizar evaluación económica y lograr asignar eficientemente los recursos escasos, es decir se introduce el tema de preferencias para generar valores de utilidad de estado de salud necesarios para construir los QALYs y por lo tanto realizar análisis del tipo costo-utilidad. Estos resultados se utilizan además para predecir los valores para todos los posibles estados derivados de la encuesta utilizando técnicas econométricas (Brazier, 2002).

Los cuestionarios genéricos SF-36 y EQ-5D utilizaron métodos estadísticos para la derivación de resultados de medidas de salud y los QALYs bajo la tradición de la Teoría de la Utilidad Multiatributo (MAUT) en la derivación de preferencias, método utilizado para aplicación empírica y discusión teórica con el fin de ofrecer una metodología con criterios estándar que permita hacer comparaciones entre países y que sirva como insumo para los diferentes estudios de carga de la enfermedad, evaluación económica y evaluación de programas de salud.

Llegados a este punto, la producción académica se puede clasificar de acuerdo a sus objetivos y enfoques. De un lado se cuenta con aquellos estudios que apuntan a profundizar teórica y metodológicamente en la construcción del índice de salud (Zeckhauser, 1975), (Torrance, 1976a,b) y (Torrance, 1986), quienes profundizan en los métodos de predicción y crean una unidad de medida para la utilidad denominada años de vida ajustados por calidad QALYS (Zeckhauser y Shepard, 1976) y autores que integran los dos modelos (Bleichrodt, 1995), (Dolan, Gudex, Kind y Williams, 1996), (Bleichrodt y Johannesson, 1997), (Dolan, 1997), (Bleichrodt y Quiggin, 1997), (Bleichrodt, Wakker y Johannesson, 1997) y (Bleichrodt y Rijn, 1999), logrando unificar a nivel mundial la medición del estado de salud poblacional a partir de la percepción individual con métodos directos (encuestas de percepción) e indirectos (standard gamble, TTO, VAS, disponibilidad a pagar y experimentos de elección).

Dichos avances en la definición y cálculo del índice buscan explicar cómo deberían tomarse decisiones en ambientes de incertidumbre en el contexto salud - enfermedad, y utilizando

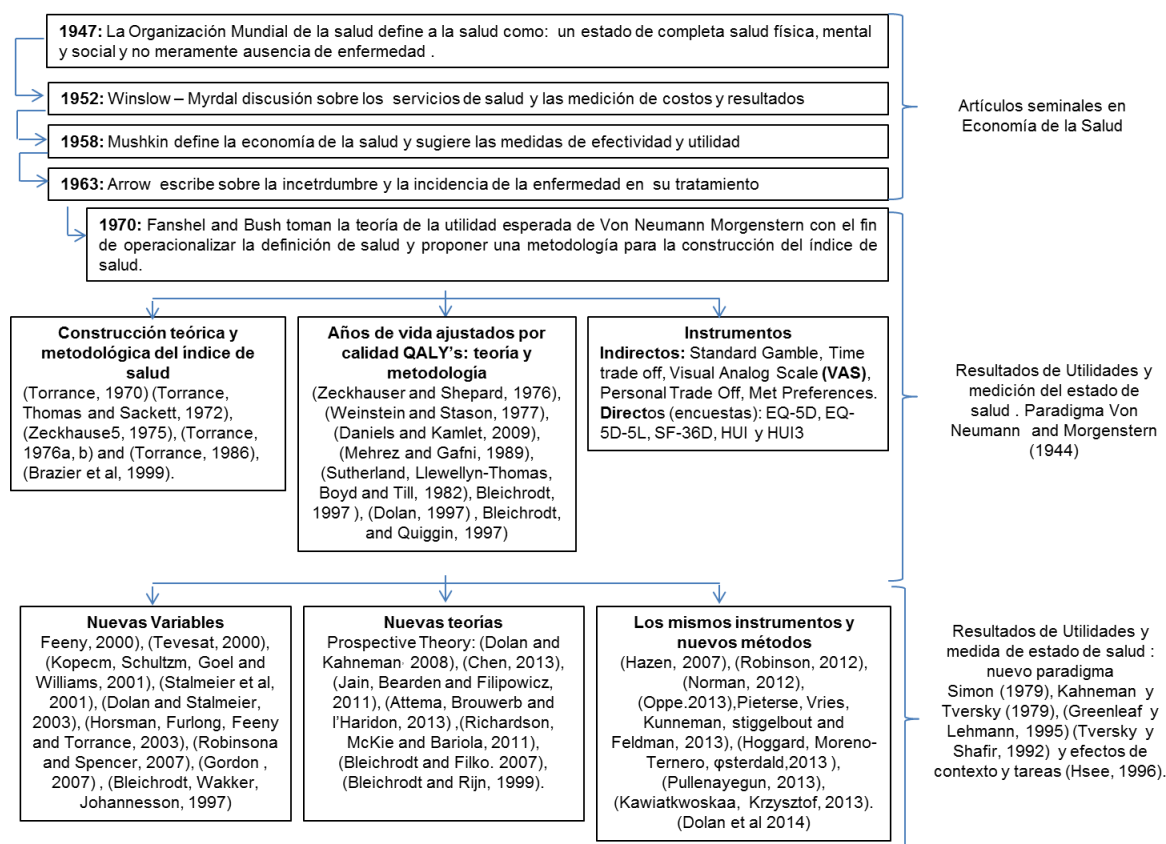
instrumentos de medición bajo los axiomas de la utilidad esperada. Sin embargo, se ha probado que estos supuestos no se cumplen en las aplicaciones empíricas y se nota un cambio de dirección en los supuestos que sustentan la teoría del índice de salud y de revelación de preferencias, asociada principalmente a la ruptura del paradigma en la teoría de la racionalidad perfecta y utilidad esperada propuestos en los trabajos de Simon (1979) y Kahneman y Tversky (1979), respectivamente. Este nuevo paradigma se incorporó al análisis de índice de salud con mayor frecuencia en la literatura a partir del año 2000, cuando fueron llevadas al caso específico de la toma de decisiones en el sector salud y se ha explicado, teóricamente, hacia dónde debería dirigirse la investigación en la derivación de utilidades y preferencias en el sector (Dolan y Kahneman, 2008). En la literatura internacional, se nota además, un interés por desarrollar investigaciones que examinen, de forma teórica, la validez predictiva de los métodos basados en utilidad esperada en comparación con aquellos que utilizan, la teoría prospectiva, la medición de la utilidad generada por la extensión de la vida, la aversión a la pérdida de salud, el sesgo derivado de la duración de estados de salud considerados peores que la muerte y la aplicación de herramientas utilizadas en otras ciencias con el fin de entender el proceso de toma de decisiones y la propuesta de índices que incluyan variables diferentes a las consideradas en cuestionarios internacionales.

En esta nueva línea de investigación se tienen los trabajos de Jain, Bearden y Filipowicz, (2011), Chen (2013) y Attemaa, Brouwerb and l'Haridon (2013), un estudio contratado en 2013 por la Comisión Europea que revela que el método para el cálculo de QALYs presenta deficiencias importantes en cuanto a las preferencias reales de los pacientes, hipótesis considerada también por la Asociación Británica de la Industria Farmacéutica. Además de estos cambios en los métodos de estimación, los estudios de Dolan and Satilmer (2003), Robinson, Spencer y Moffatt (2012), Attema y otros (2013), Norman, Cronin y Viney (2013), Mulhern *et al* (2013) usan experimentos de elección discreta para mostrar que los individuos toman decisiones en cuanto a la valoración de su estado de salud basados en sus experiencias positivas en el proceso de salud enfermedad.

A pesar de los avances generados, no se ha considerado la evaluación e importancia que tendría el punto de referencia, la experiencia, el aprendizaje previo y la adaptación como factores cruciales en la toma de decisiones y su efecto en la jerarquización de las dimensiones de la salud y en cómo estos aspectos definirían el cambio en torno a ganancias y pérdidas derivadas de intervenciones o programas que obtengan el mismo resultado final.

Tampoco se cuenta con un índice que: capture las diferencias entre el estado de salud percibido por distintos individuos que obtienen el mismo código de salud por el método de encuesta y tenga mayor capacidad predictiva en pacientes con niveles de estado de salud extremos. En este sentido, es importante desarrollar métodos que asuman el cambio de paradigma y consideren el proceso de toma de decisiones de la población, lo que redundaría en índices que se ajusten a la denominada racionalidad limitada, utilidad experimentada y disminuyan el riesgo en la toma de decisiones para la asignación de recursos escasos.

Estas teorías unidas a la Heurística (Tversky y Kahneman, 1989) teoría de las elecciones aplazadas (Greenleaf and Lehmann, 1995) (Tversky y Shafir, 1992) y efectos de contexto y de tareas (Hsee, 1996) han permitido concluir que la percepción de un individuo en cuanto a su estado de salud depende de variables y factores que hasta el año 2000 no se habían tenido en cuenta (Feeny, 2000), (Tevesat, 2000), (Kopeck, Schultz, Goel y Williams, 2001), (Stalmeier et al, 2001), (Dolan y Stalmeier, 2003), (Horsman, Furlong, Fennly y Torrance, 2003), (Robinson y Spencer, 2006), (Hazen, 2007), (Bleichrodt y Filko, 2007) y (Richardson, McKie y Bariola, 2011), y que la teoría de la utilidad esperada no permite la incorporación precisa de las preferencias de los pacientes a la evaluación de tecnologías sanitarias. Según Facey *et al* (2010) son los pacientes quienes proporcionan una verdadera comprensión de la enfermedad/afección y los beneficios y perjuicios de la utilización de tecnologías particulares y el análisis de preferencias individuales debería permitir responder: ¿Cómo toman realmente las decisiones los individuos? y no en ¿Cómo deberían tomarse?.

Figura 1. Estado del Arte relacionado con el Índice de Salud

Fuente: Elaboración propia

Al año 2018, 35 países tienen construido su índice de salud a partir de la aplicación de la encuesta EQ-5D del grupo EuroQol, por lo que podría decirse que es la más utilizada a nivel mundial para medir el estado de salud (Deblin y Krabbe, 2013) y como mecanismo de asignación de recursos en los sistemas de salud bajo el análisis costo-utilidad, particularmente en estrategias de evaluación de tecnologías, programas y medicamentos. El grupo pesos y valores derivados de la encuesta pueden ser consultados para los países que han implementado el método, de los cuales el 83% ha utilizado el método de TTO para obtener preferencias.

2.3. El análisis multicriterio en la toma de decisiones en salud

Podría decirse que el proceso y método para la toma de decisiones en el sector salud no difiere teóricamente de la toma de decisiones en otros campos, ya que involucra la elección entre alternativas que compiten por la asignación de recursos escasos. Sin embargo, la condición de salud de un individuo es insustituible, inestimable y en algunos casos susceptible de mejora, además las variaciones en las características individuales hacen que

sea difícil predecir exactamente cómo un paciente responderá a un tratamiento/programa de salud específico, lo que convierte al proceso de toma de decisiones correcta en una tarea compleja. Dichas condiciones han propiciado que el análisis multicriterio para la toma de decisiones (MCDM) en el sector salud se concentre en el campo de la evaluación de tecnologías sanitarias, cómo lo muestran en el año 2013 Vakaramoko, Campbell y Goeree en una revisión de estudios entre 1960 y 2011.

En términos generales, el análisis de criterios múltiples admite que la base de cualquier decisión es la matriz de desempeño, donde las filas representan las alternativas A_i ($A_i : i = 1, 2, \dots, m$) y las columnas los criterios/atributos ($C_j : j = 1, 2, \dots, n$) o resultados utilizados para evaluar el desempeño de las alternativas que se comparan. Según Baltussen *et al.* (2006), la diferencia entre los métodos de MCDA radica en cómo se agrega la información extraída de la matriz de desempeño, por lo que, diferentes supuestos pueden estar involucrados (Belton, 2002).

$$A_i \begin{matrix} & C_j \\ \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} & \end{matrix}_{n \times m}$$

Donde n denota las filas y m las columnas de la matriz A_i , por lo tanto el tamaño es de $n \times m$. De la revisión de estudios realizada se notan tres etapas del proceso, la primera relacionada con la definición de criterios y resultados en salud, la segunda caracterizada por la unificación de criterios aplicables a la población en general, independientemente de su estado de salud, y la búsqueda de métodos para la agregación de información y la tercera, como una etapa donde el paciente asume un rol determinante al considerarse experto de su propia salud y de los resultados que espera con las alternativas de intervención. Estos pasos son comunes a la toma de decisiones, independientemente del método usado, siendo los MCDM comúnmente usados en la toma de decisiones en salud la Teoría de la Utilidad Multiatributo (MAUT siglās en inglés para Multi-Attribute Utility Theory) y el proceso analítico jerárquico (AHP), los que se describirán de acuerdo a la revisión de los artículos más citados y las revisiones recientes.

2.3.1. Teoría de la Utilidad Multi-Atributo –MAUT-

Siguiendo a Dyer (2005) se pueden diferenciar dos tipos de métodos MAUT, aquellos donde se determinan las preferencias bajo condiciones de certidumbre o riesgo y la elección de

alternativas con múltiples o único criterio. En la teoría de la preferencia multi-atributo bajo riesgo los fundamentos axiomáticos deben ser determinados y probados, estos guían el proceso de elección de una forma racional y permiten un análisis cuantitativo. Dichos axiomas se adaptan de la teoría de la maximización de utilidad esperada introducida al análisis económico por vN-M en 1944. Bajo esta teoría de riesgo, las opciones se definen como loterías o apuestas con resultados que dependen de la ocurrencia de un conjunto de eventos mutuamente excluyentes y exhaustivos y donde la probabilidad de los resultados es proporcional a la toma de decisiones.

Ahora, en el caso específico de medición de preferencias por estados de salud se podría decir que hasta 1982 se utilizaron dos métodos: los de estimación holística de utilidad (Patrick et al, 1973) (Torrance et al, 1973) (Torrance, 1976) (Rosser y Kind, 1978) y Sackett y Torrance (1978) donde se aplican los métodos de “standard gamble” (o juego estándar) en la tradición vN-M y la VAS o termómetro de estado de salud en una escala de 0 a 100, siendo 100 estado de salud perfecto, y la aplicación de modelos de inferencia estadística (Kaplan et al. (1976), (Dolan 1997) pero fue en 1982 cuando Torrance, Boyle y Horwood, reportan los resultados de un estudio en el que utilizan la teoría de la utilidad multiatributo (MAUT) usando la función de utilidad social condicional basada en un procedimiento que puede ser clasificado como la teoría clásica de la MAUT. En este, los criterios seleccionados fueron los de la encuesta utilidades en salud (HUI) y se utiliza el método de intercambio temporal (TTO) para la identificación de la utilidad bajo una modificación al juego estándar al cambiar niveles de probabilidad por tiempos de permanencia en diferentes estados de salud.

Siguiendo a Feeny y Torrance (1989, 1989^a) Torrance, Furlong y Feeny (1995), Feeny (2000) y Feeny et al (2002), en la MAUT se pueden considerar tres formas de las funciones de utilidad: lineal aditiva, multiplicativa, y multilineal. Bajo la forma lineal aditiva no se consideran interacciones de preferencias entre los atributos; por lo que el cambio en la utilidad causada por un problema en un atributo no depende de los problemas en otros. En este caso, si no hay interacciones entre los atributos de preferencia el efecto sobre la HRQL de la pérdida de función en dos atributos (x, y) sería la suma de los efectos de la pérdida de la función en cada atributo por sí mismo. Así, el efecto sobre la HRQL de (x) y (y) sería la suma de $(x) + (y)$, ahora, si (x, y) se consideran atributos complementarios el efecto sobre la HRQL sería mayor que el efecto de (x) o (y) , pero menor a la suma de los dos efectos individuales $(x) + (y)$. Por último, si (x, y) son sustitutos perfectos, el efecto

excedería la suma de los dos efectos individuales. La forma multiplicativa permite algún tipo de interacción de preferencia entre los atributos, en cuyo caso la función multiplicativa se simplificaría a una función lineal aditiva bajo las tasas de crecimiento de cada atributo. La forma general de una función multiplicativa multi-atributo se puede expresar como.

$$\mu(x) = \left(\frac{1}{k}\right) \left[\prod_{j=1}^n \left(1 + k k_j u_j(x_j)\right) - 1 \right] \quad (9)$$

Donde

$$(1 + k) = \prod_{j=1}^n (1 + k k_j) \quad (10)$$

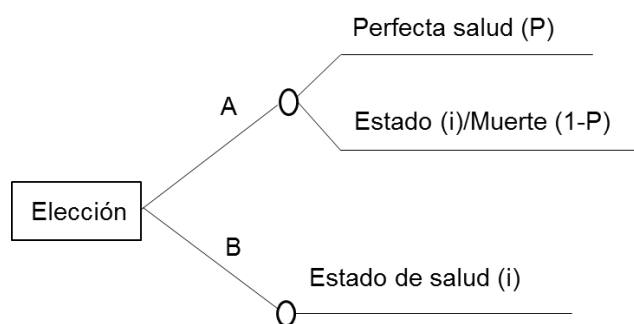
Siendo $\mu_j(x_j)$ la función de utilidad para el único atributo j , $\mu(x)$ la utilidad del estado de salud x representado por un vector de n dimensiones finitas, k y k_j parámetros del modelo y \prod la multiplicación para las dimensiones. Así, a la puntuación de utilidad de atributo único de nivel uno (normal) se le asigna una puntuación de 1 como la más alta y 0 como la más baja; reflejando la utilidad adjunta a cada uno de los niveles intermedios de la escala 0 - 1, siendo k_j el peso atado a ese atributo y el parámetro k la interacción de las preferencias entre atributos. Si k es positivo, los atributos se consideran complementarios; si es negativo se consideran sustitutos y si es igual a cero la función de utilidad es lineal aditiva. En el caso de preferencias por atributos complementarios la pérdida de capacidad en dos atributos sería peor que la pérdida en uno solo, pero no tan negativa como la suma de las dos pérdidas a nivel individual.

En 1999 Chapman utiliza el método descrito definiendo los siguientes criterios específicos para pacientes con cáncer de próstata: dolor, estado de ánimo, función sexual, función de la vejiga e intestinal, fatiga y energía, atributo calificado con tres niveles de respuesta: alta, moderada y baja y se obtienen preferencias utilizando TTO.

Para Torrance (1996) en la determinación de los valores vinculados a los diferentes estados de salud los analistas pueden adoptar una de tres estrategias: utilizar la opinión de expertos, usar los valores obtenidos de la literatura relevante, o utilizar la medición directa. Debido a que las dos primeras generan problemas de sesgo, se ha considerado a la tercera estrategia como la más adecuada. En este sentido, Frobreg y Kane (1988), Dolan *et al* (1996) y Krabbe *et al*, (1997) presentan una revisión de los métodos comúnmente utilizados para la derivar las preferencias de los pacientes cuando los criterios ya han sido unificados; estos métodos son: juego estándar, TTO, disponibilidad a pagar y experimentos de elección discreta.

El juego estándar es considerado como el método clásico para medir la preferencia originaria en la esfera de la teoría de la decisión, inicialmente fue presentado por vN-M y fue llevado a toma de decisiones en salud por Torrance, Thomas y Sackett en 1972, dicho método consiste en una comparación pareada iterativa que considera la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre. Los participantes tienen que llegar a un punto de indiferencia entre dos alternativas utilizando la estrategia de "ping-pong". Convencionalmente, el paciente hace la elección entre un tratamiento A con dos posibles resultados: volver al estado de salud inicial y vivir durante t años adicionales con una probabilidad (P) o estar en un estado de deterioro de su estado de salud por el resto de la vida o la muerte con una probabilidad ($1 - P$), o elegir el tratamiento B que le permite estar en un estado de salud crónico i . La variación del nivel de probabilidad P y las sucesivas elecciones del paciente ante estas variaciones permite determinar el punto de indiferencia entre las alternativas evaluadas, así el valor (utilidad) del estado estacionario inicial se define como la probabilidad P en la situación de indiferencia (Cohen, 1996). Sin embargo, es posible que algunos pacientes prefieran la muerte a un estado de salud crónico (h_j) por lo que el valor de preferencia para el estado i es $h_i = p + (1 + p)h_j$. Con la aplicación de este método se identificaron algunas limitaciones, la interpretación del cambio de probabilidades para la toma de decisiones, el subestimar resultados posibles, como en la alternativa A, sobre resultados ciertos como en la B y la duración de los estados de salud crónicos.

Figura 2. Esquema general de análisis por juego estándar



Fuente: adaptado de Brazier *et al* 2017.

Las variaciones en las técnicas de juego estándar son posibles, incluso si el investigador está interesado en evaluar preferencias por estados de salud considerados peores que la muerte, bajo este escenario la alternativa segura es la muerte, mientras que las alternativas de apuesta son los estados saludables con probabilidad (p) o los estados de salud con

discapacidad i con probabilidad $(1 - P)$. Una forma común de presentar este juego es pedir al paciente que imagine que él/ella tiene una enfermedad terminal que dará lugar a la muerte si no hay tratamiento, si decide empezar el tratamiento tiene una probabilidad P de que la enfermedad se cure y una probabilidad $(1 - P)$ de entrar en un estado crónico i considerado o no peor que la muerte. En este caso, P varía hasta que el paciente este indiferente entre las dos alternativas; si el estado i es muy indeseable un paciente no elegirá la apuesta a menos que la probabilidad de volver a un estado saludable sea muy alta.

En este sentido y dadas las dificultades en la aplicación del juego estándar, Torrance en 1970, propone el método TTO y lo aplica en 1982 para la comparación de alternativas pero omitiendo el concepto de incertidumbre. Bajo este método los participantes hacen un intercambio entre el tiempo de sobrevivencia por estado de salud evaluado, generalmente eligen entre un estado de salud con una duración (t), que tradicionalmente se ha ajustado a 10 años, y un mejor estado de salud o estado de salud perfecto con una menor duración y seguido de la muerte. El punto de indiferencia se alcanza cuando se le pregunta al paciente cuánto tiempo estaría dispuesto a renunciar para estar en un estado más saludable.

Otro de los métodos utilizados para determinar los puntos de indiferencia es la disponibilidad a pagar, en este caso se les pregunta a los pacientes con problemas de salud a qué cantidad de dinero estarían dispuestos a renunciar para volver a su estado de salud inicial/sano (Krabbe, 1997). Este método fue propuesto por Thompson en 1986 y fue aplicado ese mismo año en un estudio de artritis, argumentando que hasta entonces las mediciones de carga de la enfermedad se centraban en los efectos económicos de la calidad de vida y que una cuantificación más completa podría basarse en lo que los pacientes estarían dispuestos a pagar para evitar el riesgo de enfermar. La pregunta realizada a los pacientes en esta investigación es ¿Qué porcentaje de los ingresos de su familia estaría dispuesto a pagar de forma regular para la curación completa de la artritis?, a los pacientes se les informó que existía una cura completa que su seguro no cubriría y que tendrían que pagar por ello. Esta técnica ha sido utilizada en análisis costo- beneficio con el fin de cuantificar el valor de los programas en salud que son difíciles de valorar en términos monetarios y para los cuales no existe un sistema de precios asignados vía mercado.

En el 2014, Ryen y Svensson hacen una revisión de estudios sobre la aplicación del método de disponibilidad a pagar y analizan cualitativa y cuantitativamente un total de 24

investigaciones publicadas entre el 2010 y 2013 encontrando 383 disponibilidades a pagar distintas en un rango entre 0.001 y 4,8 millones de euros, a precios de 2010. Los autores argumentan que tales diferencias se deben a diferencias metodológicas, a los métodos de obtención de preferencias, a los países del estudio, a la perspectiva tomada (individual/social), y a la muestra de población (general o grupos específicos de pacientes) lo que hace incomparables las mediciones.

Finalmente, otros estudios se han inclinado por aplicar experimentos de elección discreta, en los que se realizan comparaciones por pares, en este caso el paciente se enfrenta a dos resultados y tiene que declarar su preferencia por alguno de los dos en lugar de encontrar un punto de indiferencia. En 2012, De Bekker-Grob et al, hacen una actualización de la revisión de la literatura realizada por Ryan and Gerard en 2003 y concluyen que la técnica podría definirse como una medida basada en atributos de beneficio por lo que las intervenciones de atención en salud, los servicios o políticas, pueden ser descritos por sus atributos y la valoración que hace un individuo depende de los niveles de tales atributos. Bajo este análisis a los encuestados se les pide elegir entre dos o más alternativas y las opciones resultantes revelan una función de utilidad subyacente y latente. Este enfoque combina la teoría de utilidad aleatoria, la teoría del consumidor, la teoría del diseño experimental y el análisis econométrico donde los datos sobre las preferencias individuales entre todos los posibles atributos de estados de salud de las dos alternativas comparadas permiten construir una matriz de $\frac{1}{2}(n(n - 1))$ preferencias, expresada como probabilidades, donde cada celda de la matriz es la proporción del estado de salud "fila" preferido al estado de salud "columna" por el grupo de expertos que hacen la evaluación (Krabbe et al, 1997), estas comparaciones pareadas permiten establecer pares dominantes, que corresponden a estados de salud mejores que otros.

Tabla 2. Relación de estudios por tipo método para la obtención de preferencias 1970-2018

Método de análisis	Obtención de preferencias	Ponderadores y métodos de agregación	Estudios
MAUT	Juego estándar	Modelos de regresión multiplicativos	Torrance (1970), Torrance, Thomas and Sackett, (1972), Zeckhauser (1975), Torrance (1976a, b) and (Torrance, 1986), Fenny y Torrance (1989 y 1989a), Brazier et al (1999), (klarman, Francis y and Rosenthal , 1968) (Zeckhauser and Shepard, 1976), (Weinstein and Stason, 1977)Kopec et al (2015)
	Intercambio temporal		Torrance (1982), Daniels and Kamlet (2009), (Mehrez and Gafni, 1989), (Sutherland, Llewellyn-Thomas, Boyd and Till, 1982), Bleichrodt (1997), Dolan (1997), Bleichrodt, and Quiggin (1997), Bleichrodt, Wakker y Johannesson (1997), Chapman et al (1999), Feeny (2000), Tevesat, (2000), Kopecm, Schultzm, Goel y Williams, (2001), Stalmeier et al (2001), Dolan y Stalmeier, (2003), Horsman, Furlong, Feeny y Torrance, (2003), Robinson y Spencer (2006), Gordon (2007) , Deblin et al (2011), Attema et al (2013), Janseen, Oppe, Versteegh y Stolk (2013), Oppe, Rand-Hendriksen, Shah y Ramos-Goñi (2016), Xie et al (2016) Ramos-Goñi et al (2017), Purba et al (2018)
	Disponibilidad a pagar		Bobinac et al 2011, Ryen y Svensson (2014 Review), Pennington et al (2015), Nimdet et al (2015), Attema, Krol, Exel y Brouwer (2017)
	Experimentos de elección discreta		Hazen (2007), Robinson (2012), Norman (2012), Oppe (2013), Pieterse et al (2013), Hoggard, Moreno-Ternero, østerdald (2013), Pullenayegun (2013), Kawiakwoskaa y Krzysztof (2013).Dolan et al (2014), Ijzerman et al (2008), Carson y Louviere (2011), de Bekker-Grob et al (review 2012) Zimmermann et al (2013), Mühlbacher et al (2013), Clarck et al (2014), Robinson et al (2015), Quaife, Terris-Prestholt, Tanna y Vickerman (2018 Review), Mulhern, Norman, Street y Viney (2018)
AHP	Comparación por pares	Vector propio y media geométrica	Dolan et al (1989), Dolan et al (1993 a, b), Dolan (1995), Castro et al (1996 y 1999), Peralta-Carcelen rt al (1997), Singpurwalla et al (1999), , Dolan (2000), Liberatore et al (2003), Dolan (2005), Richman et al (2005), Katsumura et al (2008), Ijzerman et al (2008), Dolan (2008), van Til et al (2008), Dolan (2010), Danner et al (2011), Ijzerman et al (2012), Dolan et al (2013), Hummel et al (2013), Mühlbacher et al (2013), Schmidt, Aumann, Hollander, Damm y von der Shulenburg (2015) Marsh et al (2016), Huang, Basanta, Kuo y Huang (2017) Huang, Basanta, Kuo y Huang (2018)
TOPSIS	Comparación respecto al estado ideal	Distancia Euclideana	Azar (2000), Ferrari et al (2005)

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la ponderación y agregación de preferencias declaradas, podría decirse, dependen del método utilizado para obtenerlas. En 1970 y 1976 Torrance realiza una

revisión de literatura sobre los métodos utilizados para la medición de utilidades y propone un algoritmo que permite encontrar el índice de salud para una población en tiempo discreto y se representa como:

$$H = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m h_{ij} \quad (11)$$

La ecuación 11 significa que el índice de salud de una población en un momento determinado es uno sobre el tamaño de la población multiplicado por la sumatoria del estado de salud de los *i-esimos* individuos en el momento *j*.

Dicho índice también puede calcularse en tiempo continuo siendo t_1 tiempo inicial y t_2 tiempo final, formalmente se representaría como:

$$H(t_1 - t_2) = \frac{1}{m(t_1 - t_2)} \sum_{i=1}^m \int_{t_1}^{t_2} h_{ij} dt \quad (12)$$

En este caso el índice de salud alcanzado sería la sumatoria de la diferencia entre el momento inicial y el final para cada paciente dentro del programa. La ventaja de este análisis sobre los demás tipos de evaluación económica descansa en el hecho de que los resultados pueden ser medidos en múltiples dimensiones e incluir una medida de utilidad que refleja las preferencias.

2.3.2. Proceso Analítico Jerárquico -AHP-

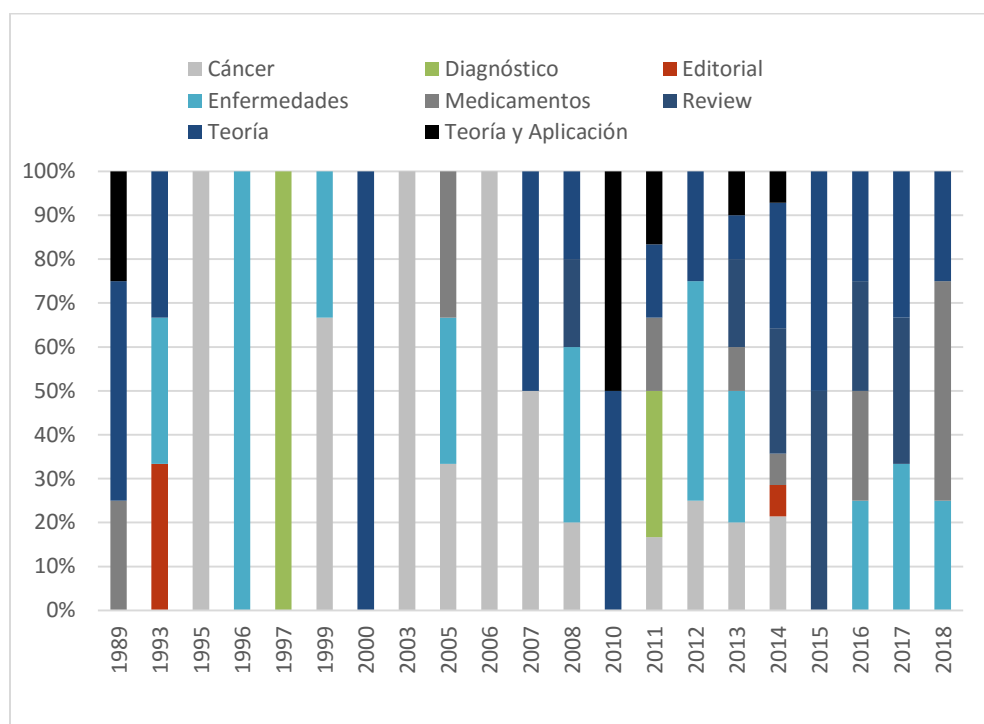
Método propuesto por Saaty en 1980 que permite establecer prioridades en el proceso de toma de decisiones, dicha técnica aplicable a nivel individual o grupal identifica factores tangibles e intangibles en la toma de decisiones. Este proceso garantiza la ordenación de los factores por jerarquías desde el objetivo, pasando por los criterios hasta llegar a las alternativas. En este método se calcula una matriz de decisión recíproca de comparación binaria según la escala de valoración propuesta por Saaty para n criterios C_1, \dots, C_n ; permitiendo definir la importancia relativa de un criterio, C_i con respecto a otro C_j , y expresar dicho juicio con los a_{ij} componentes de una matriz cuadrada $A = (a_{ij})$, donde $a_{ji} = 1/a_{ij}$ para cada $i \neq j$, y $a_{ij} = 1$ para cada $i = j$. Estos juicios o prioridades deben cumplir el axioma de transitividad de las preferencias para garantizar la consistencia de las mismas.

Siguiendo a Forman y Peniwati en 1998 y Krejčí y Stoklasa en 2018 uno de los elementos clave del AHP es la derivación de preferencias y su agregación cuando más de un individuo participa en un proceso de decisión, para lo cual comúnmente se utiliza la agregación de juicios individuales (AIJ) para cada conjunto de comparaciones por pares en una jerarquía global y sintetizando cada una de las jerarquías por individuo o la agregación de prioridades individuales (AIP) y utilizando uno de dos métodos, la media geométrica o aritmética. Inicialmente el proceso de agregación debe abordarse con tres preguntas a fin de obtener la preferencia del grupo a partir de información individual. En primer lugar, ¿El grupo es una unidad sinérgica o es una colección de individuos?, la respuesta a esta pregunta determinará si utilizar la AIJ o el método AIP. En segundo lugar, ¿qué procedimiento matemático se debe utilizar para agregar juicios individuales?, la respuesta depende de la respuesta a la primera pregunta. En tercer lugar, si las personas no tienen el mismo peso dentro del grupo ¿Cómo obtener su peso y cómo incorporarlos en el proceso de agregación?. 2018 Krejčí y Stoklasa demuestran la superioridad de la agregación por media geométrica ponderada en AHP para la derivación de prioridades globales de alternativas en comparación con la media aritmética. En los estudios donde se derivan criterios para eventos específicos en el proceso de enfermedad y restauración de estado de salud, comúnmente se utiliza la media aritmética para la agregación pese a que el enfoque de valor propio estándar no pueda ser utilizado cuando el tomador de decisiones se enfrenta a un problema complejo e incierto y exprese sus juicios de comparación como proporciones inciertas (Wang, 2010). Además, Dolan argumenta en 1993 que en la toma de decisiones relacionadas con la salud se suelen incluir consideraciones objetivas y subjetivas al involucrar la probabilidad de efectos secundarios de medicamentos y los problemas asociados por ejemplo a recordar tomarse un medicamento varias veces al día, estas características permiten que el AHP tenga ventajas sobre otros métodos de valoración, ya que tiene la capacidad de integrar estos dos tipos de criterios en el análisis de toma de decisiones individual.

En este sentido y con el fin de definir los criterios y objetivos del análisis aplicando el AHP para la toma de decisiones en salud, se realizó una búsqueda de artículos científicos en inglés que derivaran preferencias desde el paciente o bajo la combinación médico-paciente, la búsqueda de artículos se limitó a un período de 29 años comprendidos entre enero de 1989 y mayo de 2018, bajo los términos clave de búsqueda Patient Preference and Analytic Hierarchy Process y Patient Preference and Multi-criteria decision making, se consultaron las bases de datos, Pudmed, Medline, Springer, Science Direct y Sage Journal. Después

de la revisión de títulos y resumen se construyó esta bibliometría con un total de 75 artículos, los cuales presentan una concentración del 60% de las publicaciones a partir del año 2010, de la lectura a profundidad se descartaron los artículos que no obtuvieran preferencias desde el paciente, una definición explícita de criterios, aplicaciones prácticas y no sirvieran como manuales metodológicos. Después de esta lectura y análisis se clasificaron los artículos en siete (7) categorías: cáncer (24%), teoría y aplicaciones (37%), enfermedades (21%), medicamentos (14%), reviews (13%), diagnóstico (5%) y editoriales (2%), como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Relación de estudios 1989-2018



Fuente: Elaboración propia

De los estudios se puede concluir que estos han sido aplicados a casos o tratamientos específicos y no a una población en general, por lo que los criterios definidos se pudieron clasificar en tres tipos: clínicos, sociales y económicos. En los clínicos se evalúa la capacidad de los programas de prevención y promoción de la salud a través de alternativas que minimizan el riesgo de enfermar, para el caso de métodos de diagnóstico reducir los falsos positivos y negativos y aumentar la especificidad de las pruebas con el fin de maximizar la probabilidad de cura en el tratamiento de ciertas enfermedades. En el caso de uso de medicamentos y de tratamientos las alternativas mejor ponderadas son aquellas que

reducen los efectos negativos en términos de complicaciones, molestia y dolor, se considera además variables que se denominan sociales ya que están relacionadas con la calidad de vida asociada al estado de salud, en términos del grado y efectividad de comunicación entre médico y paciente y el apoyo de la familia. En cuanto a las variables económicas, se consideran los costos directos, relacionados con la atención o tratamiento de las enfermedades y como indirectos aquellos que tienen en cuenta la valoración del tiempo dedicado por los pacientes a la búsqueda de la atención y mantenimiento de su estado de salud, finalmente se incluyen métodos de valoración contingente en la evaluación de la disponibilidad a pagar, medida por el gasto de bolsillo y no como experimentos de elección. La clasificación de los criterios y los estudios que los determinaron se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Evaluación de criterios en estudios aplicados

Criterios			Estudios
Clínicos	Minimizar riesgo de enfermar		Dolan (1993a y 1993b), (Singpurwalla et al 1999), Richman et al (2005), Dolan (2010), Danner et al (2011), Dolan et al (2013), Mühlbacher et al (2013), Sussex et al (2013)
	Maximizar la capacidad de diagnóstico		Dolan (1993a y 1993b), Castro et al (1996, 1999), Peralta-Carcelen et al (1997), Singpurwalla et al (1999), Dolan (2000), Azar (2000), Katsumura et al (2008), Ijzerman et al (2008), Danner et al (2011), Dolan et al (2013), Hummel et al (2013), Janssen et al (2014)
	Maximizar la cura		Dolan et al (1995), Dolan (2000), Dolan (2005), Ijzerman et al (2012), Mühlbacher et al (2013)
	Minimizar efectos secundarios	Complicaciones	Dolan et al (1989), Dolan (1995), Castro et al (1996, 1999), Peralta-Carcelen et al (1997), Singpurwalla et al (1999), Dolan (2000), Dolan (2005), Ferrari et al (2005), Richman et al (2005), Katsumura et al (2008), Ijzerman et al (2008), van Til et al (2008), Ijzerman et al (2012), Dolan et al (2013), Hummel et al (2013), Mühlbacher et al (2013), Sussex et al (2013), Janssen et al (2014)
		Malestar/Dolor	
Sociales	Mantener la salud y el bienestar		Dolan (1993a,b), Liberatore et al (2003), Richman et al (2005), Ijzerman et al (2008), van Til et al (2008), Sussex et al (2013)
	Comunicación médico-paciente		(Castro et al, 1999), (Singpurwalla et al 1999), Liberatore et al (2003), Azar (2000)
	Estímulo/Apoyo de la Familia		Liberatore et al (2003)
Económicos	Minimizar costos directos		Dolan et al (1989), Dolan et al (1993a y 1993b), Dolan (1995), Castro et al (1996, 1999), Peralta-Carcelen et al (1997), Sussex et al (2013)
	Minimizar gastos de bolsillo		Dolan et al (1993a y 1993b), Richman et al (2005), Katsumura et al (2008), Danner et al (2011)
	Minimizar costos indirectos		Katsumura et al (2008)

Fuente: elaboración propia

En términos generales, se puede decir que pese al aumento en el número de estudios que aplican AHP a partir del año 2010, se nota una falta en la exploración de avances en los

métodos desarrollados y que permiten mejorar la consistencia en la obtención de preferencias, mejorar los métodos de agregación y la posibilidad de obtener índices de salud que permitan identificar diferencias individuales que recojan el efecto de la experiencia en el proceso salud enfermedad.

2.4. Intercambio Temporal –TTO–

La técnica de intercambio temporal fue propuesta por primera vez en la década de 1970 como instrumento para hacer la medición directa de preferencias por diferentes estados de salud, en ésta se asignan valores de utilidad entre cero (0) y uno (1) asumiendo que el cambio generado por un programa de atención médica en los estados de salud de una población es cuantificable y la escala de utilidad permite evaluar la efectividad de ese programa en términos del cambio que produce en la salud de la población. Este postulado se convierte en la base de los modelos utilizados para clasificar los programas por su relación costo/efecto/utilidad y permite el desarrollo de una escala para medir mejoras en la salud de la población, independiente de la enfermedad y de los programas de salud. Bajo esta propuesta se asume un tiempo de intercambio constante igual a 10 años, donde cada persona debe clasificar la preferencia por diferentes estados de salud y ordenarlos del más preferido (perfecta salud = 1) al menos preferido (muerte = 0), para luego declarar cuántas veces consideraba peor un estado hipotético i en comparación con el estado de salud que había ubicado como el mejor, según su ordenación inicial. En este análisis, x_i representa el valor otorgado al estado i ; por lo que si se considera que el estado de salud S_i es dos veces peor que el S_{i-1} , entonces se espera que el punto de indiferencia se encuentra cuando elegir S_i con una duración de t es equivalente a elegir S_{i-1} con una duración de $2t$ años.

Este método ganó popularidad en la década de 1990 al demostrarse que la aproximación por TTO genera menos sesgo en la determinación de preferencias y al utilizarse en el cálculo de QALYs, siendo ésta la medida de resultado común en la que deben expresarse los resultados en estudios costo efectividad y costo utilidad (Bleichrodt y Johannesson, 1997). Así, el proceso inicial propuesto se refina y transforma para incluir en la toma de decisiones las preferencias por la cantidad y calidad de vida, lo que permite determinar el tiempo en años de perfecta salud, a los que los encuestados estarían dispuestos a renunciar para evitar vivir en un estado de mala salud. En este sentido, se debe elegir entre una vida más larga en un estado de salud inferior al estado de perfecta salud y un tiempo de vida más corto en un estado de perfecta salud, así, dependiendo de su elección, la cantidad de tiempo en el estado elegido se modifica hasta alcanzar el punto de indiferencia.

Con estos ejercicios empíricos se identifica que desde la percepción de los individuos existen estados mejores y peores a la muerte y que el tiempo de permanencia en estos últimos estados afecta la toma de decisiones. Este método generalmente se acompaña de la VAS como un termómetro en una escala de 0 a 100 y se usa como herramienta para revelar la valoración que tiene el paciente por un estado de salud en particular o su propia salud al momento de la encuesta.

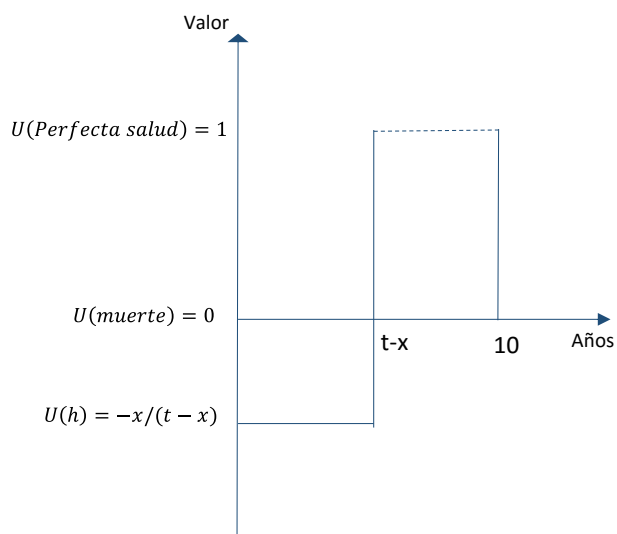
En este caso y según Brazier et al 1997 el error de los efectos aleatorios se define según la ecuación 13:

$$V_{ij} = f(\beta' x_{ij}) + \varepsilon_{ij} \quad (13)$$

$i = 1, 2, \dots, n$ representa a individuos y $j = 1, 2, \dots, m$ los diferentes estados de salud. La variable dependiente V_{ij} es el valor de des-utilidad es decir, 1- valor medio por TTO, donde cada j estado de salud es valorado por cada individuo i . x_{ij} es el vector de variables explicativas binarias que representan los niveles de cada atributo y dependen de la encuesta genérica utilizada. Finalmente, el término ε_{ij} es el término de error que representa la variación que un individuo en particular hace de la valoración del estado de salud j . Se asume una función lineal aditiva y normalidad de los errores, los efectos aleatorios son evaluados a través de medios gráficos, la multicolinealidad se evalúa mediante la condición de Belsey (Belsley et al. 1980), se utiliza la especificación de Ramsey y los valores predichos de V_j muestran el valor promedio para x_j estado de salud en un horizonte temporal de 10 años.

Ahora, si el encuestado considera que el estado de salud presentado, h , es peor que la muerte –WTD- (Siglas en inglés para Worse Than Dead), la elección que se le presenta a quién toma las decisiones es diferente, en este caso debe elegir entre la alternativa 1 (A1): un tiempo de vida de $t - x$ años en h , seguido de x años en perfecta salud y luego la muerte y la Alternativa 2 (A2) muerte inmediata. Por lo tanto, cuanto más tiempo se requiera en salud perfecta para compensar el tiempo empleado en el estado objetivo, menor será la puntuación de ese estado. En este caso x varía hasta el punto de indiferencia, es decir hasta que $U(h) = -\frac{x}{(t-x)}$ si $t = 10$ entonces el número negativo más bajo posible depende de la medición del tiempo de permanencia en diferentes estados de salud, la medición es en trimestres, el tiempo de duración más bajo es $-39 = -\frac{9.75}{10-9.75}$.

Figura 3. TTO convencional para estados de salud considerados peores a la muerte



Fuente: adaptado de Torrance (1986)

Así, cuanto peor es un estado de salud h , más tiempo en perfecta salud se requiere para compensar el tiempo de permanencia en h , así por ejemplo, y bajo mediciones anuales, si el encuestado es indiferente entre A1: 7 años en h seguido de 3 años en perfecta salud y A2: muerte inmediata, entonces el valor de $U(H) = -3 / (10 - 3) = -3/7 = -0.43$.

Este proceso de obtención de preferencias y puntos de indiferencia en estados WTD ha concentrado el debate académico a nivel mundial, debido a que la escala de medición supone un límite superior igual a uno (1) pero un límite inferior infinito y negativo donde no solo se intercambia la duración de la vida en h sino la duración de la vida en perfecta salud (Patrick et al, 1994) (Lamers, 2007) y la medición de los tiempos de permanencia, anuales, semestrales, mensuales, trimestrales, entre otros. Además, según Craig (2009) el valor asignado a un estado de salud con dolor intenso o a estados BTM puede depender del tiempo de duración de dicho estado o de cuánto tiempo una persona haya tenido que soportar ese estado de salud (es decir, la carga hedónica), esta dependencia de las preferencias por el tiempo de duración viola el supuesto de proporcionalidad constante de las técnicas empleadas en los análisis de costo-utilidad. Algunos autores como Bleichrodt et al (2003); Dolan (1996); Groot (2000); Spencer (2003); Bala et al (1999) y Franic et al (2003) encuentran que el valor de un estado de salud se relaciona con su duración, y el signo de esta relación depende del estado de salud inicial y de la longitud de tal duración, por lo que Dolan y Stalmeier en 2003 extienden el concepto de tiempo máximo soportable o preferencias MET (siglas en Inglés para Maximal Endurable Time) después del cual una

persona prefiere la muerte inmediata a continuar en un estado de salud (h); es decir, $U(h) < 0$ si $(h) > MET$. Estos hallazgos sugieren entonces que la muerte no es el peor estado de salud posible.

En 1994 Patrick *et al* adaptan los métodos conocidos hasta la fecha, juego estándar y TTO para considerar los WTD pero los análisis costo-utilidad continuaron utilizando el valor de cero (0) como el límite inferior en la escala de preferencia, lo que genera distorsiones en su agregación. Solo fue hasta el año 2006 cuando Robinson y Spencer sugieren el método denominado perfil de vida como alternativa para obtener preferencias por estados WTD. Bajo este método el período de mala salud se integra a un perfil de salud de mayor duración, haciendo que el número de años intercambiados pueda ser superior a los 10 años, esta propuesta asume que la utilidad aumenta o disminuye de forma monótona con la duración, por lo que un aumento de la duración de estados WTD debe disminuir la utilidad. Con esta nueva propuesta se diseñan dos protocolos metodológicos para ser aplicados con la encuesta EQ-5D-3L, el Protocolo de Medición y Valoración de la Salud (MVH siglās en inglés para Measurement and Valuation of Health) y el protocolo de París.

Para el año 2011 Devlin, Tsuchiya, Buckingham y Tilling toman la propuesta de Robinson y Spencer de 2006 e introducen el concepto de tiempo de espera en el enfoque de intercambio temporal, a esta nueva aproximación se le denominó LTTO (siglas en inglés para Lead Time Trade Off) y muestran además que la unidad de medición del tiempo afecta el límite inferior para los WTD, en este sentido si la medición se hace en años, el límite estaría en -9, pero si se mide en meses sería de -119 y así sucesivamente. Con esta nueva metodología se crea un protocolo piloto para un tiempo de espera equivalente a 10 años, seguidos por 10 años de perfecta salud. En 2013, Janssen, Oppe, Versteegh y Stolk proponen el intercambio temporal compuesto (cTTO) que combina el método convencional de TTO para levantar preferencias para estados mejores que la muerte y utiliza el LTTO para obtener puntos de indiferencia por estados WTD, este método consiste en entregar más tiempo en plena salud para ser intercambiado antes de que se valore el estado de salud h , así las alternativas a comparar serían A1: 10 años de perfecta salud seguidos por la muerte y A2: 10 años de perfecta salud, seguidos por 10 años en el estado h considerado peor a la muerte, el proceso de iteración en términos de la cantidad de tiempo intercambiado se deriva del protocolo propuesto por Dolan en 1997 y se consideran variaciones anuales. En 2016, Xie *et al*, hacen pruebas empíricas en un estudio en Canadá para evaluar las diferencias entre el método tradicional y cTTO utilizando la encuesta EQ-5D-5L

encontrando que los procesos generan resultados idénticos para estados BTD y estadísticamente diferentes para estados WTD a lo que sugieren la necesidad de seguir comparando las metodologías hasta obtener resultados robustos y se propone el protocolo EQ-VT para aplicarse en estudios que consideren cTTO. En 2017 Ludwig, von der Schulenburg y Greiner aplican el EQ-VT en un estudio realizado en Alemania y encuentran mayor calidad de los datos, reducción de inconsistencias en estados WTD y valores más altos para los estados BTD al comparar los resultados obtenidos por el protocolo de París. A partir de ese año, aparecen las propuestas académicas (Goñi *et al*, 2017) (Purba *et al*, 2018) de métodos híbridos que combinan los experimentos de elección discreta con el intercambio temporal compuesto.

2.5. La evaluación económica en salud en Colombia

Con la Ley 100 de 1993 se crea en Colombia el Sistema de Seguridad Social Integral con el objetivo de garantizar el derecho a todos los ciudadanos de alcanzar niveles de calidad de vida acordes a la dignidad humana, mediante la protección a contingencias económicas y de salud con regímenes establecidos para pensiones, salud, riesgos profesionales y los servicios sociales complementarios (Ley 100, art 1, 6 y 8). En el Título II de la Ley se desarrolla el Sistema General de Seguridad Social en Salud con los objetivos de regular el servicio público esencial de salud y crear condiciones de acceso a toda la población en todos los niveles de atención bajo los regímenes subsidiado y contributivo.

Este sistema introduce un esquema de mercado bilateral siendo las Entidades Promotoras de Salud –EPS- la plataforma que pone en contacto a médicos y pacientes bajo un esquema de competencia regulada esto significa, entre otras cosas, que el Estado como regulador del sistema, fija precios (denominado Unidad de Pago por Capitación –UPC-) y cantidades (plan de beneficios con cargo a la UPC). Este plan de beneficios podría considerarse el dinamizador del sistema ya que se define el paquete de servicios básicos para la prevención de la enfermedad y recuperación de la salud e incluye medicamentos, procedimientos, y servicios. En este sentido, la Ley define en el parágrafo 2 del artículo 162 del Capítulo III que *“Los servicios de salud incluidos en el Plan Obligatorio de Salud serán actualizados por el Consejo Nacional de Seguridad Social en Salud, de acuerdo con los cambios en la estructura demográfica de la población, el perfil epidemiológico nacional, la tecnología apropiada disponible en el país y las condiciones financieras del sistema”*.

Para 1996 se crea el Programa de Apoyo a la Reforma –PARS- con recursos del contrato del Préstamo 910/OC-CO el Gobierno nacional y el Banco Interamericano de Desarrollo y se desarrolla en dos fases, entre 1999 y 2002 y entre 2003 y 2008, durante esta última, el PARS realiza un proyecto de varias etapas para el ajuste al Plan de Beneficios en Salud (PBS) y a la UPC, entre estos se desarrolla y publica en el 2006 el documento guía a nivel nacional para la evaluación de tecnologías en salud: aplicaciones y recomendaciones en el sistema de seguridad social en salud colombiano y se define la evaluación de tecnología sanitaria como:

“Evaluación sistemática y comprensiva, de los aspectos clínicos, económicos, sociales y éticos de las condiciones y consecuencias del uso de las tecnologías en salud; entendiendo por tecnologías en salud el conjunto de instrumentos, procedimientos y medicamentos utilizados para promover los estados saludables; prevenir, curar y paliar la enfermedad así como rehabilitar y cuidar a largo plazo”

Lo propuesto en este documento se inserta en la tradición internacional de la evaluación de tecnologías sanitarias con metodologías útiles a la toma de decisiones informadas, en otras palabras se sugiere que la modificación e incorporación de programas, servicios, procedimientos y medicamentos adscritos al PBS deben sustentarse en análisis costo-efectividad o utilidad propios de evaluación económica en salud y cuyo objetivo es comparar los costos y resultados de dos alternativas de intervención.

En el 2011 y mediante la Ley No 1438 se reforma el Sistema General de Seguridad Social en Salud –SGSSS- buscando, entre otras, la unificación del Plan de Beneficios para todos, independientemente del régimen de aseguramiento, en el artículo 25 de esta misma Ley se establece que el POS deberá actualizarse integralmente cada dos años y será el Ministerio de Protección Social la entidad encargada de definir y modificar dicho plan (Decreto 4107 de 2011, art 2 numerales 32 y 33, modificados por el Decreto 2562 de 2012, art 2). En el Capítulo V se dictan las disposiciones para la creación del Instituto para la Evaluación de Tecnología en Salud –IETS- como corporación sin ánimo y de naturaleza mixta que tiene como uno de sus objetivos “*Evaluar las tecnologías en materia de salud, teniendo en cuenta aspectos de seguridad, eficacia, eficiencia, efectividad, utilidad e impacto económico*” (Ley 1438, Capítulo V, art 92).

En el año 2013, Atehortúa, Ceballos, Gaviria y Mejía, hicieron una revisión sistemática en 48 estudios publicados y evaluaron la calidad metodológica utilizada en la evaluación económica en salud en Colombia, 34 trabajos realizaron análisis costo-efectividad, 2 costo

beneficio y 9 costo utilidad, solo uno de los cuales realiza un estudio observacional y obtiene a partir de encuesta y TTO convencional los QALYs.

Para el 2014 el IETS publica el manual para la elaboración de evaluaciones económicas en salud en el que se sugiere hacer estudios desde la perspectiva del sistema de salud colombiano, asumir un factor de descuento del 5% y usar los QALYs como medida de desenlace asumiendo como niveles de referencia los calculados para una población de 1115 Latinos en EE.UU que se obtuvieron en un estudio realizado en el 2008 y que utiliza la encuesta EQ-5D-3L. Hasta el año 2017 el IETS había realizado 35 evaluaciones económicas utilizando esta metodología.

En la actualización del plan de beneficios realizada en el año 2016 se abren en todo el país espacios para la participación de los ciudadanos con el fin de garantizar que los usuarios declaren sus preferencias frente a la propuesta de actualización. En lo referente a la inclusión de nuevos servicios, procedimientos, programas y medicamentos en el artículo 4 de la Resolución 6408 de 2016 define como uno de los referentes de inclusión al PBS, la evaluación de tecnologías en salud –ETES- y la utilización del guía del IEST para la evaluación económica de los mismos.

En 2018 se publica la investigación “el Estado de salud de los colombianos: una aplicación del EQ-5D-3L”, en esta se describen los códigos de salud derivados con la aplicación de la Encuesta Nacional de Salud (Barcelo et al, 2018) pero el análisis no pasa de describir los códigos y no se avanza en la construcción teórica de los pesos para cada código o la aplicación de métodos que permitan obtener el valor de cada estado.

Así las evaluaciones realizadas en el país, asumen el mismo peso de preferencia al presente y al futuro al tomar una tasa de descuento del 5% cuando la literatura internacional sugiere una tasa de descuento del 3% considerando que la toma de decisiones por parte de la población privilegia el presente sobre el futuro cuando se trata de mejoras en la condición de salud (Drumond et al 2005) y toman medidas de resultado para poblaciones distintas a la Colombiana lo que significa, entre otras cosas, que la modificación del PBS es costo – útil para una población diferente, atendida bajo sistemas de salud opuestos y con coberturas que no se pueden comparar, al respecto Bailey y Kind en 2010 sugieren que los valores obtenidos para calcular el índice de salud y posteriormente los QALYs tienen una correlación moderada y fuerte entre la dimensión cultural de la valoración individual y el valor otorgado al dolor/malestar y ansiedad/depresión. Autores como (König et al, 2009) (Badia, Roset, Herdman y Kind, 2001) (Tsuchiya et al, 2002) (Chicaíza, García y Romano,

2013) (Janssen et al, 2018) han demostrado que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores y ponderadores por país y sugieren calcularlos y no ajustarse a medidas tomadas para otros. Además en 2017 Devlin y Lorgelly sugieren que existe cierta evidencia de que medidas genéricas como los QALYs no son sensibles y no reflejan con precisión la experiencia de un paciente con cáncer.

Finalmente y después de la revisión de los 215 estudios listados en EuroQol por país, no se encuentra ninguno registrado para Colombia a lo que se sugiere que el país debe concentrarse en contar con estimaciones para su índice de salud, aplicar un instrumento genérico en cualquier versión para su cálculo y utilizarse como insumo necesario la estimación de QALYs que faciliten la toma de decisiones en salud e incorporación y actualización del PBS.

3. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SALUD

En esta tesis se realiza una investigación que se inscribe en el paradigma post-positivista, cuantitativa no experimental de tipo exploratoria y descriptiva (Ramos, 2015) donde se asume que la realidad existe pero no puede ser totalmente aprendida ya que es dinámica y los seres humanos la percibimos de manera incompleta, de modo que se produce el conocimiento sobre un tema y los hallazgos resultan de la interacción entre el investigador y el objeto investigado partiendo de una acumulación de conocimiento en un área o comunidad crítica específica (Kemmis, 1988; Guba, 1990; Ramos, 2015). Esta acumulación de conocimiento compartido por una comunidad científica permitió establecer un modelo para situarse en una realidad, interpretarla y darle solución a los problemas que en ella se presentan, se definió lo que se está haciendo, cómo se hace y qué resultado se espera, pudiendo identificar lo que está dentro o fuera de los límites de la investigación y donde los supuestos epistemológicos, ontológicos y metodológicos dependen del paradigma adoptado (Martínez, 2008). En este sentido, se puede decir que los primeros supuestos (epistemológico y ontológico) permitieron descubrir y comprender el debate en torno al índice de salud y la situación en la que se halla y lo metodológico orientó el cómo debía el investigador buscar dicho conocimiento para determinar lo susceptible de ser conocido bajo estrategias de metodologías híbridas y mixtas. En este sentido, se encontró que teórica y metodológicamente el índice de salud se sustentó desde el enfoque de la economía de la salud, su medición se apoyó en métodos propios de la economía y la producción teórica inició con la definición de estado de salud y no de la salud en sí misma o de los servicios de salud como uno de sus componentes y se ha utilizado para orientar el uso eficiente de los recursos escasos.

En este marco la tesis se desarrolla en cuatro etapas metodológicas exploratorias y descriptivas a fin de proponer un método de encuesta que capture la valoración que los individuos dan a las diferentes dimensiones del estado de salud, estudiar y evaluar métodos alternativos para el cálculo del índice de salud y verificar, mediante un estudio empírico, si los métodos propuestos se ajustan al índice de salud calculado por métodos tradicionales, permiten corregir errores de consistencia, independencia y describir la situación real imperfecta del estado de salud individual y grupal.

Se considera exploratoria porque se profundiza en el análisis de temas y métodos no empleados hasta la fecha y que son susceptibles de ser aplicados en la construcción del

índice de salud y es descriptiva, ya que a través de la medición y recolección de información en campo se puede decir “*cómo es y cómo se presenta el fenómeno de interés*” (Hernández et al, 2010, p. 95). En la primera etapa se construye el estado del arte teórico y metodológico para la derivación de preferencias y cálculo del índice de salud presentado en el capítulo 1.

En este capítulo se describen teórica y metodológicamente las herramientas estadísticas y matemáticas utilizadas para el levantamiento de información primaria, la estimación y cálculo del índice de salud y la comparación de resultados por los métodos utilizados, lo que constituye las etapas metodológicas 2, 3 y 4. Este ejercicio metodológico sigue la tradición del uso de métodos de análisis multicriterio, se asume que los criterios para establecer la condición de estado de salud de la población fueron definidos por la OMS desde 1947 e incorporados en la encuesta EQ-5D-5L a través de cinco dimensiones de salud. Para la obtención de preferencias en esta investigación se utiliza el cuestionario citado y se le agregan módulos para incorporar la matriz de comparación pareada, los escenarios de análisis y las características sociodemográficas de la población. Así con el fin de comparar los resultados de utilidades y jerarquías por las dimensiones de salud derivados de los diferentes métodos, se utiliza el número de QALYs ganados por escenarios evaluados que se calculan siguiendo la siguiente ecuación:

$$QALYs = (Años)(\mu_x)$$

Donde μ_x es el valor de utilidad estimado/calculado

Estos QALYs se utilizan como medida de resultado en análisis costos-efectividad, donde la alternativa dominante es aquella que genera el menor costo por QALY, esto significa que la obtención del valor de utilidad es el elemento central en la estimación del índice de salud y en los QALYs. Así, esta medida de resultado es lo que define el contexto del proceso de decisión y el tipo de resultado que se espera con el análisis multicriterio. Siguiendo a Roy y Słowski (2013) se definen cinco tipos de posibles resultados y los métodos asociados (tabla 3).

Tabla 3: Tipos de resultados y métodos de análisis multicriterio asociados

Tipos de resultado		Métodos
1	Asignar un valor numérico en términos de utilidad o puntuación a cada acción potencial	MAVT, MAUT, UTA, MACBETH, AHP, SMART, TOPSIS, UTAGMS, Fuzzy TOPSIS y Fuzzy AHP
2	Clasificar acciones como un orden completo o parcial sin asociarles un valor numérico	TELECTRE III, IV, PROMETHEE I y II, UTAGMS, GRIP, RUTA, DRSA, Métodos de regresión ordinal robusta, ELECTREGKMS y PROMETHEEGKMS, análisis de ranking externos y machine learning
3	Seleccionar un subconjunto de acciones, lo más pequeño posible, que serán modeladas como alternativas de decisión	ELECTRE I e IS, PROMETHEE V, Rubis y métodos de optimización multiobjetivo
4	Se asigna a cada acción una o varias categorías definidas a priori	DRSA, UTADIS, PREFDIS, UTADISGMS, ELECTRE TRI-B, ELECTRE TRI-C, ELECTRE TRI-NC, TRINOMFC, PAIRCLASS, THESEUS y DIS-CARD
5	Subconjunto de acciones potenciales que sirven como base en la siguiente etapa del proceso de decisión.	Carrera de Pareto, NIMBUS y NEMO

Fuente: Tomado de Roy y Slowinsky, 2013

Según la clasificación de la tabla 3, esta tesis se enmarca en los análisis tipo 1 por que los resultados se expresan en términos de utilidad, es importante destacar que desde la década de 1970 se ha utilizado el método MAUT para la derivación de utilidades y se ha obviado el avance en el análisis multicriterio, por lo que la propuesta metodológica consiste en derivar niveles de utilidad a partir de la aplicación del AHP simple, extendido por D números y difuso comparados con TOPSIS.

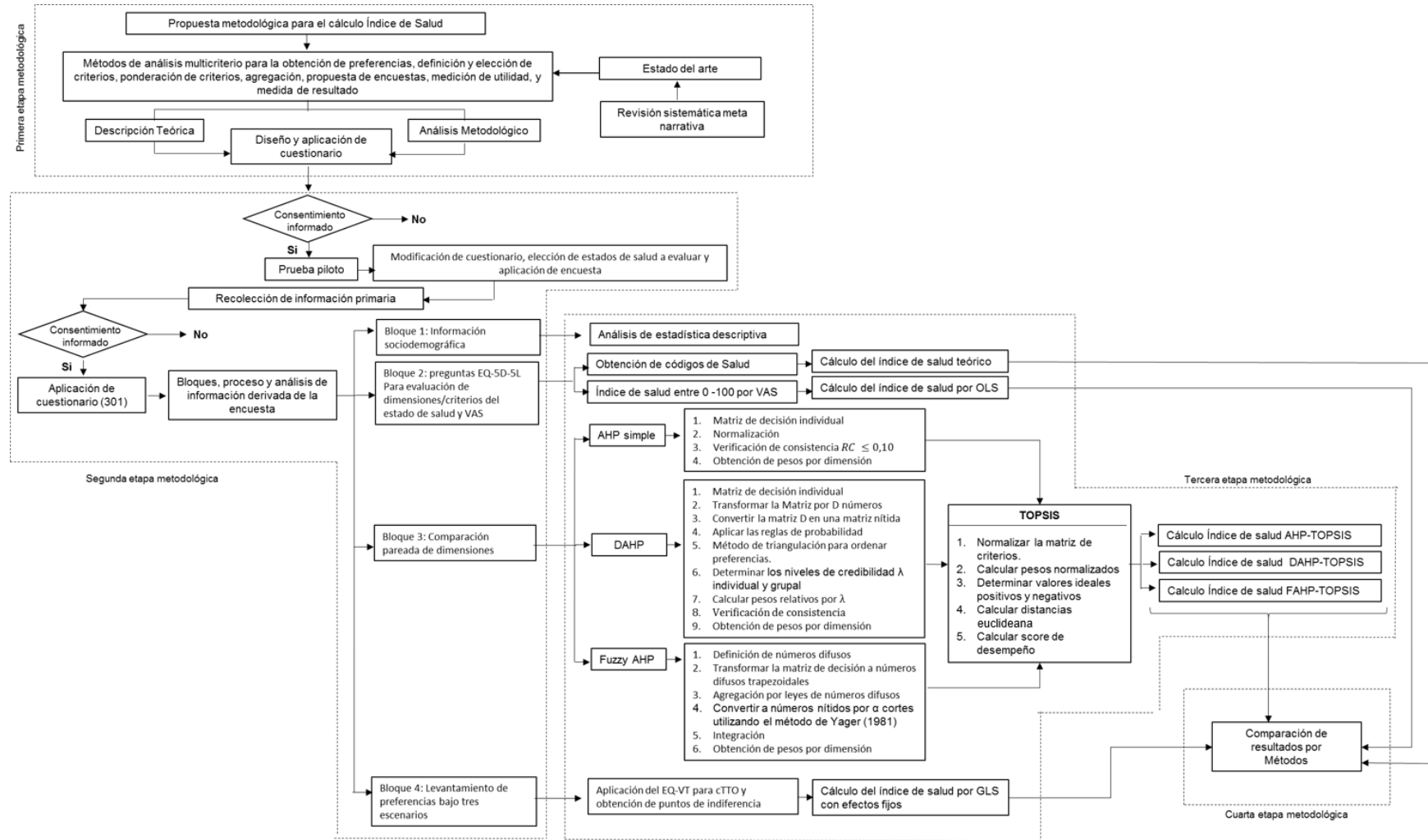
Metodológicamente esta tesis se realizó en cuatro etapas (Figura 4), en la primera se hace una revisión sistemática del tipo meta-narrativa para identificar teorías, enfoques y métodos utilizados en la construcción del índice de salud desde 1947 hasta el 2018 y la identificación de temas y metodologías poco explorados. Así, el primer capítulo de esta investigación presenta el resultado de la revisión teórica así como la revisión de los métodos de análisis multicriterio utilizados, la descripción del método de intercambio temporal y sus variaciones y la aplicación de estas teorías y técnicas a nivel nacional.

En la segunda etapa se levantó información primaria con la aplicación en campo del cuestionario internacional EQ-5D-5L en su versión impresa, uso autorizado por el grupo EuroQol para el desarrollo de este trabajo académico bajo el código 27819, inicialmente la prueba piloto permite probar y ajustar las técnicas utilizadas para el levantamiento de preferencias por intercambio temporal compuesto –cTTO- y los juicios necesarios para

construir la matriz de comparación pareada de dimensiones en salud a nivel individual. Estos datos se obtuvieron en el Campus el Volador de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, aplicando encuestas a usuarios de Unisalud y a diferentes miembros de la comunidad universitaria, el trabajo desarrollado en esta etapa se presenta en el capítulo tres.

En la tercera etapa se construyó la base datos, se verificó la calidad del dato y se hicieron las estimaciones y cálculos para presentar los resultados obtenidos por los métodos estudiados. Con esta información se hace el contraste de obtención de preferencias ordinales por el método tradicional (cTTO) con los propuestos en esta investigación: el proceso analítico jerárquico simple –AHP- (siglás en inglés para Analytic Hierarchy Process), el AHP extendido por D-Números –DAHP- y el AHP-difuso –FAHP-. El índice de salud se calcula en el caso tradicional por mínimos cuadrados generalizados con efectos fijos y a través de una metodología híbrida que combina el AHP, DAHP y FAHP con la técnica de orden de preferencia por similitud con la solución ideal –TOPSIS-. En este sentido, la contribución de la tesis se presenta en el capítulo tres, cuatro y cinco en los que se aplica el trabajo de diferentes etapas metodológicas en la aplicación cuantitativa por diferentes métodos, que permite mantenerse en la tradición del análisis multicriterio e incorporar nuevos paradigmas para el análisis de preferencias. Finalmente, en la cuarta etapa se presenta la comparación entre métodos y se exponen las conclusiones y recomendaciones.

Figura 4. Diagrama esquemático de las etapas metodológicas



2.1. Intercambio temporal compuesto –cTTO- y modelo de estimación

En la evaluación de intervenciones y programas de atención en salud, se usan medidas de preferencias asociadas a la calidad de vida relacionada con la salud, siendo el instrumento propuesto y diseñado por EuroQol el utilizado para derivar los QALYs como indicador sintético que tiene en cuenta la extensión y calidad de vida. Del cuestionario inicial EQ-5D.3L se pueden obtener 243 posibles estados de salud y del extendido a cinco niveles de respuesta 3125 posibles estados para las cinco dimensiones de salud: movilidad, cuidado personal, actividades cotidianas, dolor/malestar y angustia/depresión (Tabla 4). Así, cada estado de salud individual puede ser escrito como un vector fila $\vec{x} = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ donde cada elemento x_i corresponde a la calificación dada a cada dimensión i , $i = 1, 2, 3, 4, 5$, lo que permite obtener un número de cinco dígitos que describe el estado de salud de quien responde la encuesta siendo 11111 el mejor estado posible y 55555 el peor. Este cuestionario permite obtener valoraciones directas para un subgrupo de posibles estados de salud cuyos resultados pueden interpolarse para valorar todos los estados posibles, el análisis se acompaña de la VAS como termómetro para medir el estado de salud en una escala de 0 a 100, 0 para el peor estado y 100 para perfecta salud (Busschbach *et al*, 1999).

Así, la calificación teórica aditiva (T) para un estado de salud h estaría entre $[0, 1]$, en este caso se considera un sistema de codificación inversa de los cinco niveles de respuesta y el valor para un estado de salud en particular se obtiene mediante la ecuación 14.

$$T_i = \frac{X_h - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (14)$$

Donde:

X_h : Puntaje para el estado h

X_{min} : Puntaje mínimo

X_{max} : Puntaje máximo

Tabla 4. Cuestionario EQ-5D-5L

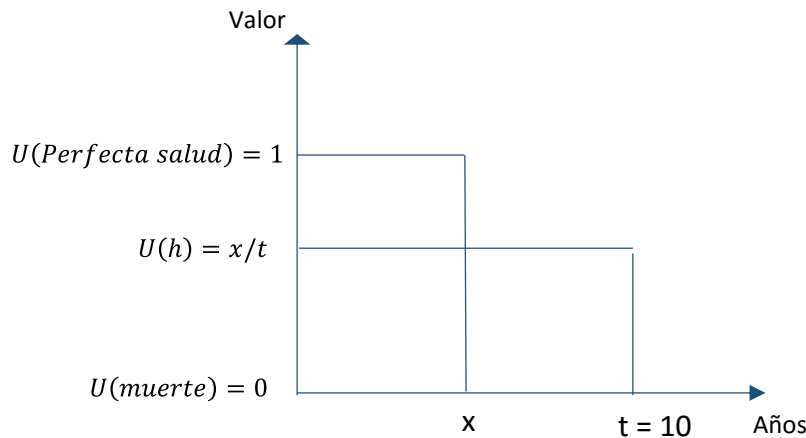
Dimensiones	Opciones de Respuesta
Movilidad	<div>No tiene problemas para caminar</div> <div>Tiene problemas leves</div> <div>Tiene Problemas moderados</div> <div>Tiene problemas graves</div> <div>Es incapaz de caminar</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div>
Cuidado personal	<div>No tengo problemas para bañarme o vestirme</div> <div>Tengo problemas leves para bañarme o vestirme</div> <div>Tengo problemas moderados para bañarme o vestirme</div> <div>Tengo problemas graves para bañarme o vestirme</div> <div>Soy incapaz de bañarme o vestirme</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div>
Actividades Cotidianas (ejemplo: Trabajar, estudiar, tareas domésticas, recreación)	<div>No tengo problemas para hacer mis actividades cotidianas</div> <div>Tengo problemas leves para hacer mis actividades cotidianas</div> <div>Tengo problemas moderados para hacer mis actividades cotidianas</div> <div>Tengo problemas graves para hacer mis actividades cotidianas</div> <div>Soy incapaz de hacer mis actividades cotidianas</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div>
Dolor / Malestar	<div>No tengo dolor ni malestar</div> <div>Tengo dolor o malestar leve</div> <div>Tengo dolor o malestar moderado</div> <div>Tengo dolor o malestar fuerte</div> <div>Tengo dolor o malestar extremo</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div>
Angustia / Depresión	<div>No estoy angustiado(a) ni deprimido(a)</div> <div>Estoy levemente angustiado(a) o deprimido(a)</div> <div>Estoy moderadamente angustiado(a) o deprimido(a)</div> <div>Estoy muy angustiado(a) o deprimido(a)</div> <div>Estoy extremadamente angustiado(a) o deprimido(a)</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div>

Fuente: EQ-5D-5L EuroQol Español Colombia (2012)

Las dimensiones de salud evaluadas en el cuestionario surgen de la definición de salud dada por la OMS en 1947, de la revisión de los instrumentos existentes y de los resultados de una encuesta realizada en 1994. Así para un estado de salud h , considerado BTM, el encuestado decide entre dos vidas hipotéticas: A1: x años de vida saludable seguida de la muerte y la A2: t años en h seguida por la muerte, en este escenario $x \leq t$ y $x = 5$. Para este análisis t se fija en 10 años y x varía del siguiente modo: si el encuestado prefiere la A2 a la A1, x se incrementa para hacer que la A1 sea más atractiva (se pueden incrementar máximo 5 años); si por el contrario se prefiere A1 sobre A2, x se reduce para hacer que A1 sea menos atractiva (Figura 5). Este procedimiento iterativo continúa hasta que el encuestado sea indiferente entre elegir A1 o A2, es decir hasta que la utilidad esperada que generan ambas alternativas sea la misma. En este caso el valor del estado de salud h , $U(h)$

se calcula de acuerdo a la cantidad de tiempo saludable que el entrevistado está dispuesto a renunciar, este punto de indiferencia está determinando por x/t , siendo x el tiempo intercambiado y t el tiempo total para ser intercambiado que es equivalente a 10 años. (Torrance, 1986).

Figura 5. Intercambio temporal para estados de salud BTD

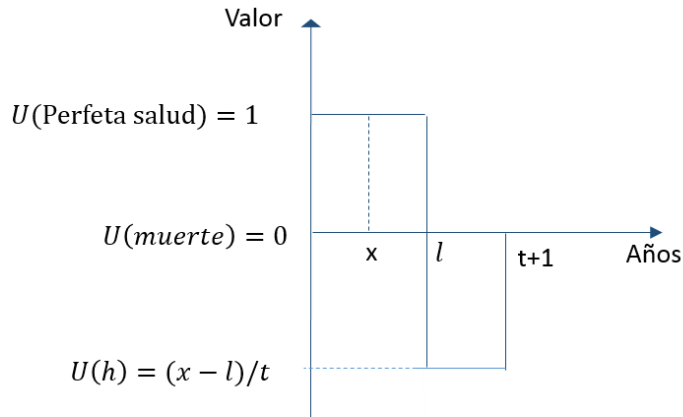


Fuente: adaptado de Torrance (1986) y Oppe et al (2016)

En los estados WTD, debido a la asimetría en las escalas de medición, a la variación de la aplicación técnica de TTO entre investigaciones, cambios en el tiempo de compensación, diferencias en el procedimiento de iteración, método de administración, capacitación de encuestadores y control de calidad de los datos en 2016 el grupo Euroqol establece un protocolo para guiar el uso de la técnica de TTO en la evaluación de resultados en salud. Este protocolo denominado EQ-VT se diseña específicamente para ser aplicado con la encuesta EQ-5D-5L y obtener preferencias con cTTO, el objetivo entonces es determinar el tiempo en años de vida a los que el encuestado está dispuesto a renunciar en salud perfecta para evitar vivir en un estado de mala salud. La diferencia con los otros protocolos, radica en que en los estados WTD se utiliza el tiempo de entrega LTTO, en el que se da a los entrevistados años de vida saludables antes de elegir entre las alternativas, lo que le permite intercambiar esos años adicionales. En este caso, el valor de h se calcula de acuerdo $U(h) = (x - l) / t$ donde $x \leq t + l$, x es el tiempo en años de perfecta salud que se varía de acuerdo al intercambio temporal realizado por quien responde la encuesta hasta por un máximo de 10 años, l es el tiempo total entregado en perfecta salud para ser

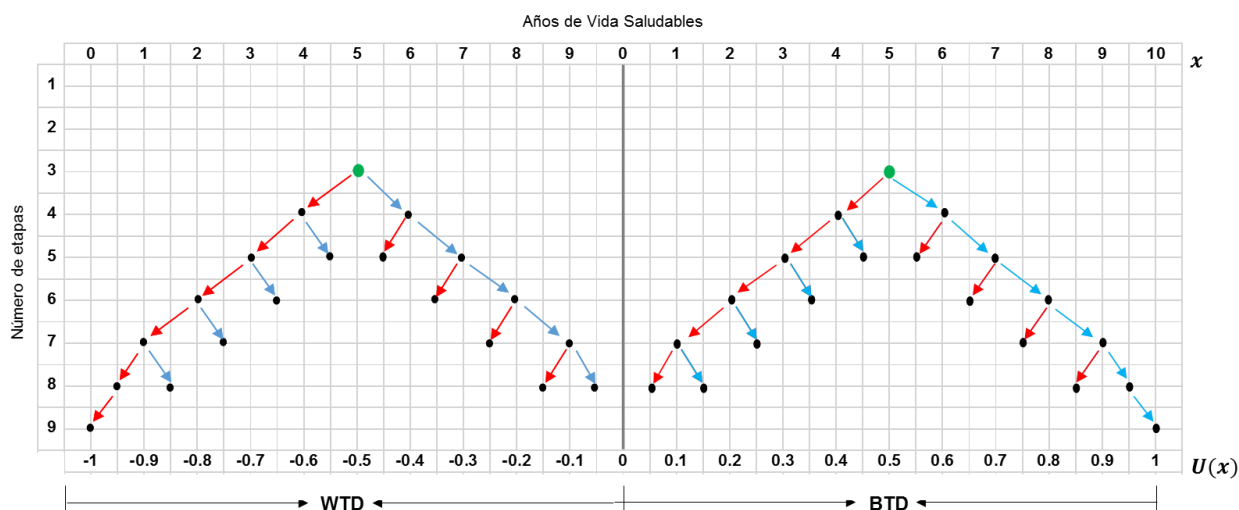
intercambiado (10 años) y t el tiempo de duración del estado de salud h que se fija por teoría en 10 años (Figura 6).

Figura 6. LTTO para estados WTD



Fuente: Robinson y Spencer (2006), Oppe et al (2016)

Bajo este protocolo el ajuste en tiempo es anual y el tiempo máximo de vida y el tiempo que se entrega antes de la elección en WTD es de 10 años. El proceso de iteración requiere de un punto de inicio (5 años de perfecta salud), alterando la duración de la vida secuencialmente por aumentos (reducciones) fijos(a) de un año, la regla de terminación es el punto de indiferencia. Según el protocolo la primera pregunta está relacionada con la elección de la opción preferida, luego se hace la explicación del procedimiento a seguir y el tercer paso es iniciar con el proceso de interacción hasta encontrar el punto de indiferencia. Bajo este enfoque el valor de utilidad para LTD y WTD admite variaciones entre 1 y -1 (Figura 7).

Figura 7. Esquema de iteración mediante encuesta por EQ-VT

Fuente: adaptado de Oppe et al (2016)

Leyenda: la flecha roja indica que se prefiere A1 sobre A2, por lo tanto los años en x se reducen para hacer más atractiva A2. La flecha azul son los pasos a seguir cuando se prefiere A2 sobre A1, en este caso x debe incrementarse para hacer A1 más atractiva. El círculo verde marca el punto de inicio y el negro el punto de indiferencia.

Dolan en 1997 con datos de la primera encuesta EQ-5D-3L calcula el índice de salud como insumo necesario para la obtención de QALYs, asocia un número entre 0 y 1 a cada uno de los 243 posibles códigos de salud y a través de puntuaciones directas estima un modelo por mínimos cuadrados generalizados (GLS) con efectos fijos y forma funcional aditiva, la variable dependiente se define como $1 - S$, donde S es el valor dado a un estado de salud particular encontrado por TTO o por VAS, las variables independientes se definen en función de la estructura ordinal del EQ-5D y tres tipos de variables Dummy que explican el nivel de severidad asociado a cada dimensión, un término que recoge si alguna dimensión está en su nivel más severo y muestra que pasar del nivel 1 al nivel 2 es diferente a pasar del 2 al 3 en la severidad por dimensión.

En la estimación estadística se especifica una función multi-atributo con preferencias independientes, es decir cada dimensión de salud evaluada no depende de los niveles de respuesta en las otras dimensiones, por lo tanto las interacciones entre las dimensiones no dependen de la combinación específica de los niveles, supuesto que simplifica el modelo y según Torrance (1976) solo es necesario un número mínimo de estados de salud empíricamente valorados con pesos teóricos iguales para cada dimensión. Además, la estimación de parámetros se ajusta a una regresión por mínimos cuadrados generalizados

con efectos aleatorios, procedimiento y proceso replicado por varios investigadores y en varios países para derivar puntuaciones de los códigos de salud incluso utilizando el protocolo EQ-VT como se identifica en los trabajos de Burström *et al* (2001), Brazier *et al* (2002), Szende (2007), Wittrup-Jensen *et al* (2008) Mulhen *et al* (2013), Peasgood *et al* (2016), Goudarzi *et al* (2016), Kim *et al* (2016), Brazier *et al* (2017), Lin *et al* (2018), Mulhern *et al* (2018) y Zhuo *et al* (2018).

Los datos derivados de la encuesta EQ-5D en cualquier versión y con preferencias derivadas por TTO contienen para cada encuestado la valoración por un número discreto de estados de salud, esto implica que se tienen varias observaciones para un mismo individuo y se asume una estructura de datos de panel. Además, si la valoración dada a un estado de salud está por debajo de la media, entonces existe una tendencia a que el encuestado también valore los estados de salud restantes por debajo de la media muestral, en este caso la varianza del término de error estaría determinada, en parte, por quien valore el estado de salud, lo que significa que la estimación por efectos aleatorios no sería eficiente ya que se estaría asumiendo que los efectos individuales no están correlacionados con las variables explicativas por lo tanto se han estimados modelos de efectos fijos.

En este caso bajo un GLS con efectos fijos, según Montero (2011) el modelo a estimar sería de la forma:

$$y_{ij} = \alpha_i + \beta X_{ij} + \mu_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (15)$$

$$\text{Donde el intercepto } \alpha_i = \alpha + v_i \quad (16)$$

X_{ij} : vector de variables independientes del individuo j para el estado de salud i

Ahora al reemplazar Eq. 16 en Eq. 15 se tendría:

$$y_{ij} = \alpha + \beta X_{ij} + \mu_{ij} + v_i \quad (17)$$

Así el error (ε_{ij}) se descompone en una parte fija y constante para cada individuo (v_i) y otra aleatoria, (μ_{ij}), que representa el grado en que la respuesta del individuo i ésimo difiere del intercepto general. Esta especificación que cumple los requisitos para los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), esto es $\varepsilon_{ij} = v_i + \mu_{ij}$, equivale a obtener una tendencia general por regresión dando a cada individuo una ordenada diferente. Una forma de realizar

esta operación es generar una variable Dummy por cada individuo. Entonces, también se podría establecer que:

$$\bar{y}_{ij} = \alpha + \beta \bar{X}_{ij} + \bar{\mu}_i + v_i \quad (18)$$

Así de la diferencia entre las ecuaciones, (Ecuación 17 – Ecuación 18), se obtiene

$$(y_{ij} - \bar{y}_{ij}) = \beta (X_{ij} - \bar{X}_{ij}) + (\mu_{ij} - \bar{\mu}_i) \quad (19)$$

Bajo este método de análisis se obtiene un dato único de utilidad para cada estado de salud que refleja las preferencias promedio de la población encuestada, donde las unidades de observación no son los sujetos sino los estados de salud evaluados y elegidos por el investigador.

Ahora, para probar la consistencia de los estimadores se calcula el test de Hausman y se evalúa su igualdad por efectos fijos y aleatorios para elegir el modelo que mejor se ajuste a los datos, si la hipótesis nula, H_0 , se rechaza los estimadores difieren, y la conclusión es que el modelo de efectos fijos es mejor al de efectos aleatorios, si no se puede rechazar H_0 , debe elegirse el modelo de efectos aleatorios (Arellano, 1993).

2.2. Propuesta metodológica para el cálculo del índice de salud

2.2.1. Proceso Analítico Jerárquico –AHP-

El proceso analítico jerárquico es una técnica estructurada para manejar problemas de decisión complejos, fue desarrollada por Saaty entre 1971 y 1975 y se utiliza para derivar escalas de relación a partir de comparaciones pareadas discretas y/o continuas que reflejan preferencias. Es un método que se puede utilizar para establecer medidas físicas y sociales, las primeras asociadas con factores tangibles y relacionados con variables objetivas y externas al individuo que toma decisiones, las sociales por el contrario están en el ámbito de lo intangible, ya que se relacionan con las ideas y creencias subjetivas del individuo sobre sí mismo y su experiencia (Saaty, 1987).

En el marco del AHP, los tres principios que ayudan a resolver un problema son: la descomposición, los juicios comparativos binarios y la síntesis de prioridades. El principio de descomposición permite plantear un problema en una estructura jerárquica o de red para representarlo, se parte de un objetivo general que desciende a criterios, subcriterios (subdivisiones de los criterios) y alternativas sobre las que se debe elegir, esta

representación debe ser lo suficientemente compleja como para capturar la situación, pero lo suficientemente pequeña y ágil para ser sensible a los cambios, lo que además permite identificar dependencia funcional y estructural (Saaty, 1990). El principio de comparación binaria establece relaciones dentro de la estructura, en el caso discreto, estas comparaciones permiten construir matrices de dominancia y en el continuo, operadores de Fredholm. Finalmente, la síntesis de prioridades se utiliza para establecer escalas de relación en forma de vectores o funciones propias según sea el caso, discreto o continuo. Las prioridades se sintetizan desde el segundo nivel hacia abajo multiplicando las prioridades locales por la prioridad de su criterio correspondiente en el nivel superior, para cada elemento en el nivel, esto da la prioridad global o compuesta de ese elemento, que a su vez se utiliza para ponderar las prioridades locales de los elementos en comparación con los demás criterios.

Según Saaty (2008) el AHP es un método dirigido a la integración de diferentes medidas en un solo puntaje general para clasificar alternativas de decisión y puede ser aplicada a nivel individual o grupal y permite identificar los factores que tienen mayor peso en la toma de decisiones basado en el axioma de la reciprocidad, se calcula una matriz de decisión recíproca de comparación por pares para n criterios C_1, \dots, C_n ; esto permite definir la importancia relativa de un criterio C_i con respecto a otro C_j según la escala propuesta (Tabla 5).

Tabla 5. Escala de importancia relativa

Escala de importancia	Calificación numérica	Calificación Recíproca (decimal)	Descripción
Igualmente importantes	1	1 (1.000)	Los dos factores contribuyen de la misma manera al objetivo
Importancia moderada de uno sobre el otro	3	1/3 (0.333)	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente uno sobre el otro
Importancia esencial o fuertemente importante	5	1/5 (0.200)	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente un criterio sobre el otro
Importancia muy fuerte	7	1/7 (0.143)	La experiencia y el juicio favorecen muy fuertemente un criterio sobre el otro
Extremadamente importante	9	1/9 (0.111)	Indiscutiblemente el criterio es mejor que el otro
Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	2	1/2 (0.500)	se utilizan cuando el experto está indeciso de su valoración entre la escala de importancia
	4	1/4 (0.250)	
	6	1/6 (0.167)	
	8	1/8 (0.125)	

Fuente: Saaty 1980

Con la escala de valoración de importancia y valores intangibles relativos se construye una matriz cuadrada A , donde i denota las filas y j las columnas. Los a_{ij} son componentes de la matriz cuadrada $A = (a_{ij})$, deben cumplir que $a_{ij} = 1/a_{ji}$ para cada $i \neq j$, y $a_{ii} = 1$ para cada $i = j$ (Saaty, 2008). Estos juicios o prioridades deben satisfacer el axioma de transitividad de las preferencias para garantizar su consistencia, de modo que la importancia relativa del C_i comparado con el C_k , (a_{ik}), debe ser igual al producto de la importancia relativa entre el C_i y el C_j , (a_{ij}), y entre C_j y el C_k , (a_{jk}), de modo que $a_{ik} = a_{ij}a_{jk} \forall i, j, k$ (Coyle, 2004). Así, para construir la matriz de juicios A de orden n , son necesarios $n(n-1)/2$ comparaciones pareadas debido a que la matriz es recíproca y los elementos de la diagonal principal son iguales a la unidad, es decir, solo es necesario establecer juicios para $j > i$. Si la Matriz A es 3×3 , el experto debe hacer tres juicios a_{12}, a_{23}, a_{13} y la consistencia perfecta implica que $a_{12}a_{23} = a_{13}$.

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & C_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & 1 & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Siguiendo a Saaty (1984) de la matriz A se obtiene un vector propio ω de orden n tal que $A\omega \equiv \lambda_{max}\omega$, $\lambda_{max} \geq n$, la consistencia se garantiza si A es una matriz recíproca y si y solo si el valor propio de A es igual al orden de la matriz, esto es $\lambda_{max} = n$ y donde $\lambda_{max} - n$ mide la desviación de los juicios respecto de la aproximación consistente (Saaty, 1990, p 13). Ahora, para las matrices construidas a partir de juicios o prioridades el vector ω satisface $A\omega = \lambda_{max}\omega$. La solución por el método de vector propio propuesto por Saaty (1977) puede ser calculado para preferencias consistentes e inconsistentes y está dado por la ecuación 20:

$$\omega = \lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{A^k e^T}{e A^k e^T} \right) \quad (20)$$

Donde $e = (1, 1, \dots, 1)$

El índice de consistencia (IC) es calculado como $IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}$ que es el promedio negativo de las otras raíces del polinomio característico de A , se obtienen multiplicando la matriz A por el vector propio normalizado, $A\omega$, el λ_{max} , es la media de los valores obtenidos al dividir cada componente de $A\omega$ por su valor correspondiente en el vector propio (Saaty, 2003). Este valor (IC) se compara con el índice promedio de un gran número de matrices recíprocas del mismo orden, cuyas entradas son aleatorias y se denomina índice de

consistencia aleatoria (CA) (Tabla 6) y depende del tamaño de la matriz A . Este método además de derivar la escala de prioridades, debe capturar el orden inherente a los juicios y estimaciones de los valores donde $a_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$.

Tabla 6. Índice de consistencia aleatoria

Tamaño de la Matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CA	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fuente: Saaty 1987

La razón de consistencia entonces (RC) se calcula como el cociente entre IC y CA , esto es $RC = \frac{IC}{CA}$. Si $RC > 0.1$ se asume que los juicios están al límite de la consistencia, si es menor a 0,10, el grado inconsistencia de la matriz de comparación se considera aceptable y el vector propio ω se utiliza como el vector de ponderación después de la normalización, de lo contrario, la matriz de comparación necesita ser ajustada utilizando algún método que permita corregir dicha inconsistencia ya que la transitividad afectaría el resultado final y debe tomarse en consideración en el vector derivado, el vector propio captura dicha transitividad de forma única y permite obtener una clasificación correcta de la relación de alternativas en una decisión.

Dicha transitividad puede ser de dos tipos, ordinal y cardinal, en la primera si A se prefiere a B y B se prefiere a C , entonces se debe preferir A a C . En la segunda, si se prefiere tres veces A a B y B dos veces a C , entonces A se debe preferir seis veces a C , por lo tanto una matriz consistente es ordinal y cardinalmente transitiva. Los métodos de valor propio y mínimos cuadrados logarítmicos (LLSM siglas en inglés Logarithmic Least Squares Method) son los usualmente utilizados para obtener el vector de prioridades, este último se obtiene del producto normalizado de los elementos de cada fila, previa minimización de la diferencia de los logaritmos, así:

$$\sum_{i,j=1}^n \left(\log a_{ij} - \log \frac{\omega_i}{\omega_j} \right)^2 \quad (21)$$

$$w_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}} \quad (22)$$

En 1998 Saaty probó que cuando la matriz recíproca positiva es consistente estos métodos conducen al mismo resultado y, por lo tanto, al sintetizar la clasificación con una jerarquía y procedimiento ordenado, conducen a la misma decisión. Sin embargo, cuando los juicios

son inconsistentes, métodos diferentes dan lugar a diferentes vectores de prioridad, tal variabilidad en la clasificación viola el requisito de singularidad y, por lo tanto, es inaceptable.

En el año 2000 Mihkailov propone el método de programación difusa para corregir inconsistencias en la matriz de comparación basado en la representación geométrica del proceso de priorización, ya que si la matriz de comparación es inconsistente no existe una solución exacta que satisfaga el sistema de ecuaciones derivado cuando $j > i$, así que pueden ser representadas como líneas difusas que se intersectan en un espacio geométrico difuso, en este caso se asume un número difuso triangular y parámetros de tolerancia positivos y negativos que representan el intervalo admisible de consistencia con el fin de obtener un número nítido que garantice que $a_{ij}\omega_j - \omega_i = 0$ o un valor cercano.

Según Zahedi (1986) el AHP se puede dividir en cuatro etapas básicas: 1) estructurar el problema como una jerarquía, 2) comparaciones por pares entre los elementos de los niveles de jerarquía adyacentes, 3) combinación de las comparaciones por pares para calcular ponderaciones de elementos jerárquicos, y 4) sintetizar los pesos en un conjunto de valoraciones sobre alternativas de decisión.

2.2.2. Proceso Analítico Jerárquico extendido por D números –D-AHP-

Podría decirse que la toma de decisiones es una actividad natural para los seres humanos que está unida al concepto de escasez y que se basa en relaciones de preferencia. Este es un procedimiento que consiste en elegir una opción o encontrar la mejor alternativa entre un conjunto de alternativas factibles. Formalmente este procedimiento de elección considera el valor de utilidad más alto, lo que permite representar las alternativas en una estructura jerárquica. Sin embargo, la estructura de datos derivados del juicio experto subjetivo y cualitativo incorporan la incertidumbre derivada de la imprecisión, la falta de claridad y de información incompleta o imperfecta entre otras fuentes (Deng et al 2014).

2.2.2.1. Bases Teóricas de los D números

Con el objetivo de corregir los problemas de incertidumbre en la toma de decisiones reales se puede incorporar la teoría de la probabilidad, la lógica difusa (Zadeh, 1965) y la teoría de la evidencia desarrollada por Dempster en 1967. Esta última, ha sido la más comúnmente utilizada, ya que permite modelar varios tipos de incertidumbre y en la que se plantean funciones de creencia basada en reglas, esta teoría es considerada como una generalización de la teoría Bayesiana de probabilidad subjetiva. En 1976 Shafer desarrolla los fundamentos matemáticos y teóricos de estas funciones de creencia y establece su notación y terminología, este trabajo conjunto se conoce con el nombre de teoría Dempster-Shafer (D-S), (Shafer, 1990), su uso se populariza en la década de los 80's al utilizarse en sistemas expertos, evaluación de riesgos, reconocimiento de patrones y en el análisis de decisiones, entre otros campos.

La teoría D-S se sustenta en dos ideas básicas: obtener valores de credibilidad para un problema a partir de probabilidades subjetivas asociadas a un problema relacionado y la regla de Dempster que permite combinar tales valores de credibilidad cuando hay evidencia de independencia entre los problemas. En este sentido, la teoría D-S permite combinar el rigor de la teoría de la probabilidad con la flexibilidad de los sistemas basados en reglas, por esto se ha convertido en una herramienta importante para modelar incertidumbre aleatoria y epistémica (falta de datos, vaguedad e imprecisión entre otras) (Dutta, 2018).

En la propuesta central de Dempster si y es función de x , $y = f(x)$, y x tiene una distribución de probabilidad específica, entonces la distribución de probabilidad de y depende de una función f y de la distribución de probabilidad de x . Ahora, si f es una relación, a un valor dado de x le corresponde un conjunto de valores de y , y si además se asume que x e y toman valores en U y V , respectivamente, y A es un subconjunto de V , siendo A el conjunto de todas la hipótesis o marco del discernimiento según Shafer (1976), entonces ¿Cuál es la probabilidad de que y esté en A ? Si f es una función punto, la respuesta es una probabilidad real, pero si f es una función no determinista, la respuesta no es única y todo lo que se puede afirmar es que la probabilidad se encuentra entre el límite inferior $P_*(A)$ y el superior $P^*(A)$. Estas probabilidades inferiores y superiores corresponden a lo que Shafer denominó valores de credibilidad, $Bel(A)$ y grado de plausibilidad $P1(A)$. Así, las probabilidades pueden asignarse a los subconjuntos de V . Las ideas básicas que subyacen a la teoría de Dempster-Shafer en palabras de Shafer (1984) son las siguientes: Suponga que el país X cree que un submarino S , que pertenece al país

Y , se esconde en aguas territoriales de X . El Ministro de Defensa de X convoca a un grupo de expertos, E_1, \dots, E_n , y pide a cada uno que indique la posible ubicación de S , se asume que la posible ubicación dada por cada experto es E_i, \dots, E_m , $m \leq n$, y L_i, \dots, L_m , donde L_i ; $i = 1, \dots, m$, un subconjunto de las aguas territoriales; Los expertos restantes, E_{m+1}, \dots, E_n afirman que no hay submarinos en las aguas territoriales, esto es $L_{m+1} = \dots = L_n = \emptyset$ donde \emptyset es el conjunto vacío. Ahora suponga que la pregunta planteada por el Ministro es: ¿Está el submarino (S) en un subconjunto específico (A) de las aguas territoriales? En este sentido, hay dos casos: (i) $E_i \subset A$, en este caso y según la opinión del experto E_i , con certeza se puede afirmar que S está en A y (ii) $E_i \cap A \neq \emptyset$, en este caso es posible que S esté en A . Ahora, si k de los n expertos vota (i), la certeza promedio es $\frac{k}{n}$; y un (1) experto vota (ii), la posibilidad promedio es $\frac{1}{n}$. Finalmente, si no se tiene en cuenta la opinión de los expertos que creen que no hay submarinos en las aguas territoriales, la certeza y la posibilidad promedio serán $\frac{k}{m}$ y $\frac{1}{m}$, respectivamente. En un contexto más general, la opinión de cada experto puede ser ponderada, de modo que el voto de E_i se pueda multiplicar por un número w_i o $0 \leq w_i \leq 1$, con $w_1 + \dots + w_n = 1$. En este caso, la certeza promedio normalizada $P_*(A)$ y la posibilidad promedio normalizada, $P^*(A)$ pueden expresarse según Shafer (1984) como:

$$P_*(A) = \frac{1}{K} \left(\sum_j^n w_j \right), E_j \subset A \quad (23)$$

$$P^*(A) = \frac{1}{K} \left(\sum_j^n w_j \right), E_j \cap A \neq \emptyset \quad (24)$$

$$K = 1 - \left(\sum_j^n w_j \right), E_j \cap A = \emptyset \quad (25)$$

Así, la certeza y posibilidad promedio normalizada son las funciones de creencia y plausibilidad de la teoría de Shafer. Finalmente, si el Ministro de Defensa hace la pregunta ¿Cuál es la probabilidad $P(A)$ de que S esté en A , la respuesta según la propuesta de Dempster sería (después de la normalización) $P_*(A) \leq P(A) \leq P^*(A)$.

En este caso el problema se expresa por un conjunto finito no vacío (Ω) de hipótesis mutuamente excluyentes y exhaustivas, llamado marco de discernimiento, donde 2^Ω denota el conjunto de partes de Ω . Así, para un marco de discernimiento Ω una función de masa es un mapeo $m: 2^\Omega \rightarrow [0,1]$ también denominado asignación de probabilidad básica (BPA siglás en inglés para Basic Probability Assignment) que tiene la ventaja de expresar

directamente la incertidumbre asignando probabilidades a los subconjuntos compuesto por N objetos, en lugar de asignar probabilidades a cada uno de ellos. En este caso se satisface:

$$m(\emptyset) = 0 \quad (26)$$

$$\sum_{A \in 2^\Omega} m(A) = 1 \quad (27)$$

Las medidas de credibilidad $Bel(A)$ y plausibilidad $P_1(A)$ de un evento $A \subseteq \Omega$ que representan el límite inferior y superior de A puede definirse como:

$$Bel(A) = \sum_{A_i: A_i \subseteq A} m(A_i), Pl(A) = \sum_{A_i: A_i \cap A \neq \emptyset} m(A_i) \quad (28)$$

Así, tomando evidencia de diferentes fuentes indicadas por dos BPA m_1 y m_2 la regla de combinación de Dempster permite generar un nuevo BPA bajo el supuesto de fuentes independientes, esta regla también llamada suma ortogonal permite denotar a $m = m_1 + m_2$ donde:

$$m(A) = \frac{1}{1 - K} \sum_{B \cap C = A} m_1(B)m_2(C) \quad (29)$$

y

$$K = \sum_{B \cap C = \emptyset} m_1(B)m_2(C) \quad (30)$$

Siendo K una constante normalizada, por lo que la regla solo es aplicable a niveles de $K < 1$.

En el año 2012 Deng presenta la teoría de los D-números como una extensión de la teoría Dempster-Shafer al incorporar en el marco del discernimiento hipótesis no excluyentes y permitiendo la modelación con información incompleta, es decir se considera que la valoración humana contiene intersecciones inevitables, como por ejemplo cuando se hacen evaluaciones cualitativas como bueno, regular y malo y en la mayoría de los casos estas evaluaciones se hacen con información incompleta por lo que, en la vida real, la suma de los elementos en una BPA es menor a 1. En esta propuesta teórica se pueden identificar

tres elementos principales, la modelación de la incertidumbre, la combinación de D-números y la toma de decisiones basada en la transformación de variables lingüísticas.

Un D-número es entonces definido como: si Ω es un conjunto no vacío un D-número es un mapeo $D: \Omega \rightarrow [0,1]$

Donde:

$$\sum_{B \subseteq \Omega} D(B) \leq 1 \quad (31)$$

y

$$D(\emptyset) = 0 \quad (32)$$

Siendo \emptyset el conjunto vacío y B un subconjunto de Ω

Así, el conjunto $\{bueno, regular, malo\}$ en la teoría de los D-números no es un marco de discernimiento porque los elementos no son mutuamente excluyentes y la información puede ser completa o incompleta. Ahora si el dominio del problema es $\Omega = \{b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n\}$, donde $b_i \in R$ y $b_i \neq b_j$ para $i \neq j$, una forma especial de los D-números puede ser expresada como:

$$\begin{aligned} D(\{b_1\}) &= v_1 \\ D(\{b_2\}) &= v_2 \\ &\vdots \\ D(\{b_i\}) &= v_i \\ &\vdots \\ D(\{b_n\}) &= v_n \end{aligned} \quad (33)$$

La notación para $D = [(b_1, v_1), (b_2, v_2), \dots, (b_i, v_i), \dots, (b_n, v_n)]$ con $v_i > 0$ y

$$\sum_{i=1}^n v_i \leq 1 \quad (34)$$

Estos D números cumplen con las propiedades de invariabilidad en la permutación e integración $I(D) = \sum_{i=1}^n b_i v_i$.

2.2.2.2. Extensión del AHP ´por D números

En 2014, Deng *et al* utilizan la teoría de los D-números y la teoría de relación de preferencia difusa para expandir el AHP por D-Números de la siguiente forma. Según Tanino (1984) las

matrices de comparación por pares se construyen considerando valores lingüísticos dados por expertos y una comparación pareada difusa con un recíproco aditivo de la forma $r_{ij} + r_{ji} = 1$ para proponer un proceso analítico jerárquico -AHP- extendido por D-números. En este nuevo modelo una relación de preferencia difusa R en un conjunto de alternativas $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ está representado por un conjunto difuso en el producto $A \times A$ y se caracteriza por una función de pertenencia $\mu_R: A \times A \rightarrow [0,1]$. Según Herrera-Viedma *et al* (2004) cuando la cardinalidad de A es pequeña, la relación de preferencia puede ser representada por una matriz $R = \{r_{ij}\}_{n \times n}$ siendo $r_{ij} = \mu_R(a_i, a_j) \forall i, j \in \{1, \dots, n\}$. r_{ij} es interpretado como el grado de preferencia de la alternativa A_i sobre A_j : si $r_{ij} = \frac{1}{2}$ indica que son indiferentes, si $r_{ij} = 1$ entonces A_i es absolutamente preferida a A_j , si $r_{ij} > \frac{1}{2}$ A_i es preferida a A_j en algún grado, en este caso $r_{ij} + r_{ji} = 1$. Si se asume que un grupo de alternativas $X = \{x_i, \dots, x_n\}$ están asociadas con una relación de preferencia recíproca $A = \{a_{ij}\}$ con $a_{ij} \in [\frac{1}{9}, 9]$, entonces le corresponde una relación de preferencia recíproca $R = r_{ij}$ con $r_{ij} \in [0,1]$ asociado con A de la siguiente forma:

$$r_{ij} = g(a_{ij}) = \frac{1}{2}(1 + \log_9 a_{ij}) \quad (35)$$

Así,

$$r_{ij} = u_R(A_i, A_j) = \begin{cases} 0 & \text{Si } A_j \text{ es absolutamente preferido a } A_i \\ \in (0, 0.5) & \text{Si } A_j \text{ es preferido a } A_i \text{ en algún grado} \\ 0.5 & \text{Indiferencia entre } A_j \text{ y } A_i \\ \in (0.5, 1) & \text{Si } A_i \text{ es preferido a } A_j \text{ en algún grado} \\ 1 & \text{Si } A_i \text{ es absolutamente preferido a } A_j \end{cases}$$

Así una relación de preferencias con D números R_D en un conjunto de alternativas A , es representado por una matriz D que es el producto de $A \times A$, cuyos elementos son:

$R_D: A \times A \rightarrow D$, la relación de preferencias con D números se representa de forma matricial como:

$$R_D = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & \cdots & A_n \\ A_1 & D_{11} & D_{12} & \cdots & D_{1n} \\ A_2 & D_{21} & D_{22} & \cdots & D_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_n & D_{n1} & D_{n2} & \cdots & D_{nn} \end{bmatrix}$$

Donde $D_{ij} = \{(b_1^{ij}, v_1^{ij}), (b_2^{ij}, v_2^{ij}) \cdots (b_m^{ij}, v_m^{ij})\}$. $D_{ji} = \{(1 - b_1^{ij}, v_1^{ij}), (1 - b_2^{ij}, v_2^{ij}) \cdots (1 - b_m^{ij}, v_m^{ij})\}$; $\forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ y $b_k^{ij} \in [0, 1]$, $\forall k \in \{1, 2, \dots, m\}$. Así, la matriz R_D se convierte en una matriz nítida R_c utilizando la representación de integración por D números $I(D) = \sum_{i=1}^n b_i v_i$. Los componentes de esta matriz se denominan c_{ij} .

La matriz de probabilidad R_p se construye utilizando la matriz R_c para representar las probabilidades de preferencia entre las alternativas comparadas utilizando las siguientes reglas.

$$\text{si } c_{ij} > 0.5 \rightarrow \Pr(A_i > A_j) = 1 \quad (36)$$

$$\text{si } c_{ij} \leq 0.5 \rightarrow \Pr(A_i > A_j) = 0 \quad (37)$$

Dichas reglas permiten construir la matriz R_p de unos y ceros, para luego ordenar las alternativas utilizando el método de triangulación, bajo el cual se maximiza la suma de los valores de la triangular superior ya que todos los elementos diferentes a cero quedan por encima de la diagonal principal y se obtiene la matriz R_p^T . Como resultado se alcanza la matriz triangular nítida R_c^T , en ésta los elementos a lo largo de la diagonal principal y por encima de ella indican la relación de pesos de las alternativas, este proceso de triangulación se describe en los siguientes pasos.

- Calcular la suma de cada fila e identifique la fila con mayor valor, asuma que esta fila es k .
- Eliminar la k -ésima fila y columna de la matriz R_p .
- Los procesos a y b se repiten hasta vaciar la matriz R_p .
- Finalmente se construye la matriz triangular basada en el orden de eliminación de la matriz original.

Los pesos relativos de las alternativas se calculan asumiendo que el vector de pesos es $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$. La triangular superior de la matriz R_c^T permite plantear un sistema de ecuaciones simultáneas para encontrar los pesos según los niveles de credibilidad (λ) del experto, propuesta por Zadeh en 1969 sobre la matriz de comparación pareada y refleja la

capacidad cognitiva del experto bajo los siguientes supuestos: $\lambda > 0, \sum_{i=1}^n w_i = 1$ y $w_i \geq 0$. Si el experto tiene credibilidad alta el valor de λ será mínimo $|\underline{\lambda}|$, en caso contrario será alto, n representa el número de alternativas en comparación.

$$\lambda = \begin{cases} |\underline{\lambda}| & \text{Credibilidad alta} \\ n & \text{Credibilidad media} \\ \frac{n^2}{2} & \text{Credibilidad baja} \end{cases}$$

Finalmente el grado de consistencia de la matriz D sigue lo propuesto por Tanino en 1984 de consistencia aditiva y se propone como indicador el grado de inconsistencia ID definido con base en la matriz triangular inferior R_p^T tal que:

$$ID = \frac{\sum_{i=1}^n R_p^T(i, j), \forall j < i}{\frac{n(n-1)}{2}} \quad (38)$$

2.2.3. Aproximación por AHP difuso –FAHP-

Para Zadeh (1965) la toma de decisiones en un ambiente difuso se entiende como un proceso de decisión en el que los objetivos, restricciones y consecuencias de las posibles acciones no se conocen con certeza y sus límites no están claramente definidos, por lo que la definición de clases es imprecisa y no se puede asociar su pertenencia exacta a un conjunto específico, como por ejemplo cuando se definen clases utilizando adjetivos como grande, pequeño, importante, mayor y simple, entre otros. Ahora, en contraste con la noción de conjunto en matemática, la mayoría de las clases en el mundo real no tienen límites nítidos que separen los objetos que pertenecen, de aquellos que no pertenecen. Sin embargo los seres humanos tienen la capacidad no solo de procesar esta información difusa sino de seguir instrucciones difusas (Bellman y Zadeh, 1970).

2.2.3.1. Bases teóricas de la lógica difusa

La lógica difusa se ocupa de los principios formales del razonamiento aproximado donde a diferencia de la lógica clásica, apunta a modelar el razonamiento impreciso, aspecto esencial en la toma de decisiones racionales en un entorno de incertidumbre e imprecisión (Zadeh, 1988), por lo que en un sentido amplio, la lógica difusa es sinónimo de conjuntos difusos (Zadeh, 1994).

Los conjuntos difusos se definen como:

Si $X = \{x\}$ muestra una colección de objetos denotados genéricamente por x , entonces un conjunto difuso A en X es un conjunto de pares ordenados $A = \{(x, u_A(x)), x \in X\}$, donde $u_A(x)$ se denomina grado de pertenencia de x a A . Así, $u_A: X \rightarrow M$ es una función de X a un espacio M llamado espacio de pertenencia. Cuando M tiene solo dos puntos, 0 y 1, A no es difuso y su función de pertenencia es idéntica a la función característica de un conjunto no difuso. Ahora, si se asume que M está en el intervalo $[0,1]$, 0 representa el grado de pertenencia inferior y 1 la pertenencia total al conjunto difuso. Por lo tanto, el supuesto básico es que un conjunto difuso A , a pesar de la falta de nitidez de sus límites, se puede definir asociando a cada objeto x un número entre 0 y 1 que representa su grado de pertenencia a A . En este sentido, un número difuso no es un valor único, sino un conjunto de valores posibles, cada uno con un peso entre 0 y 1 y recibe el nombre de función de pertenencia, así los cálculos con números difusos permiten la incorporación de incertidumbre.

Algunas definiciones y propiedades:

- Un conjunto difuso A es normal si y solo si $u_A(x) = 1$, A estará vacío si y solo si $u_A(x) \equiv 0$.
- Si x_1 es más próximo a x que el valor x_2 , entonces $u_A(x_1) > u_A(x_2)$
- Si x_1 y x_2 son equidistantes a x , entonces $u_A(x_1) = u_A(x_2)$
- Dos conjuntos difusos A y B , serán iguales $A = B$, si y solo si $u_A(x) = u_B(x) \forall x \in X$
- Un conjunto difuso A está contenido o es un subconjunto del conjunto difuso B $A \subset B$, si y solo $u_A \leq u_B$.
- A^c es complemento de A si y solo si $u_{A^c} = 1 - u_A$
- La intersección de A y B , $A \cap B$, se define como el mayor conjunto difuso contenido en A y B . La función de pertenencia de $A \cap B$ viene dada por:

$$u_{A \cap B}(x) = \min(u_A(x), u_B(x)), \forall x \in X$$
- La unión de A y B , $A \cup B$, es definida como el conjunto difuso más pequeño que contiene a A y B por lo tanto la función de pertenencia para $A \cup B$ será:

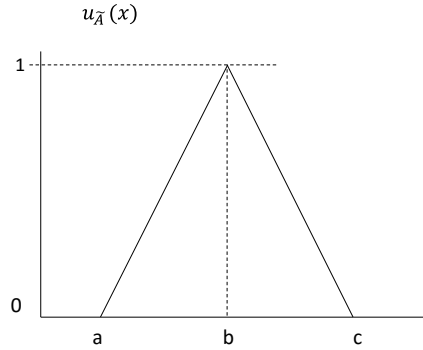
$$u_{A \cup B}(x) = \max(u_A(x), u_B(x)), \forall x \in X$$
- Dado un conjunto difuso A definido en X y cualquier número $\alpha \in [0, 1]$, el corte α , denotado por αA , y el corte estricto, $\alpha^+ A$, son los conjuntos tradicionales o clásicos de la forma:

$$\alpha A = \left\{ \frac{x}{A(x)} \geq \alpha \right\}$$

$$\alpha^+ A = \{x/A(x) > \alpha\} \quad (39)$$

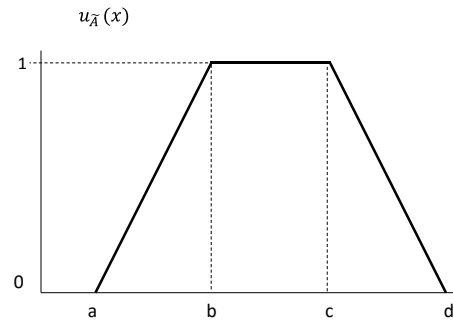
- Un número difuso es una generalización de número real, donde cada valor posible tiene un peso entre 0 y 1.
- Un número difuso $\tilde{A} = (a, b, c)$ es llamado número difuso triangular y su función de pertenencia es:

$$u_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & x = b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases}$$



- Un número difuso $\tilde{A} = (a, b, c, d)$ es llamado número difuso trapezoidal si su función de pertenencia es

$$u_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-b} & c \leq x \leq d \\ 0 & d \leq x \end{cases}$$



a y d corresponden al límite inferior y superior, respectivamente y [b y c] el intervalo modo de \tilde{A}

2.2.3.2. Aplicación de la Lógica difusa al AHP

En 1983 Laarhoven y Pedrycz hacen una extensión del AHP a lógica difusa, asumen que la opinión de quien toma decisiones cuando evalúa la importancia de un criterio frente otro es vaga, ambigua y subjetiva, por lo tanto estos juicios en términos lingüísticos son de naturaleza difusa y extiende la escala de valores de Saaty a números difusos con función de pertenencia triangular para criterios y alternativas, el vector de prioridades lo calcularon

con el método de mínimos cuadrados logarítmicos. En 1996 Chang, sigue la propuesta de números difusos triangulares y propone el cálculo del vector de prioridades utilizando el principio de comparación para números difusos. En 2012 Lee *et al* siguiendo el trabajo de Kahraman *et al* (2009) propone la metodología de proceso analítico en red (ANP, siglās en inglés para Analytic Network Process) difuso con números trapezoidales y convierte estos números difusos en números nítidos utilizando el método de Yager (1981) y lo aplican en un estudio en la evaluación de aerogeneradores. En ese mismo año Zheng *et al*, aplican el AHP difuso considerando números difusos trapezoidales y obtienen el vector de prioridades a través de operaciones con estos números difusos transformados en números nítidos, aplicados en un estudio de seguridad en el trabajo y clasificación de alertas tempranas en ambientes cálidos y húmedos.

A continuación se describe esta combinación de propuestas metodológicas para la transformación de la escala de importancia relativa a números difusos trapezoidales y la obtención del vector de prioridades como números nítidos por el método de Yager en un esquema AHP.

Siguiendo a Zheng *et al* (2012, p 231) quienes consideran a \tilde{A} y \tilde{B} dos números difusos trapezoidales positivos parametrizados como (a_1, a_2, a_3, a_4) y (b_1, b_2, b_3, b_4) respectivamente. Las leyes difusas sobre estos números son:

$$\tilde{A}(+) \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3, a_4)(+)(b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4) \quad (40)$$

$$\tilde{A}(-) \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3, a_4)(-)(b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3, a_4 - b_4) \quad (41)$$

$$\tilde{A}(\otimes) \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3, a_4)(\otimes)(b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3, a_4 b_4) \quad (42)$$

$$\tilde{A}(\emptyset) \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3, a_4)(+)(b_1, b_2, b_3, b_4) = \left(\frac{a_1}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_3}, \frac{a_4}{b_4}\right) \quad (43)$$

$$k\tilde{A} = (ka_1, ka_2, ka_3, ka_4) \quad (44)$$

$$(\tilde{A})^{-1} = \left(\frac{1}{a_1}, \frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_3}, \frac{1}{a_4}\right) \quad (45)$$

Para convertir el número difuso trapezoidal en valores nítidos coincidentes (N), es necesario un proceso de desfuzificación como una transformación inversa, así el número nítido se obtiene como:

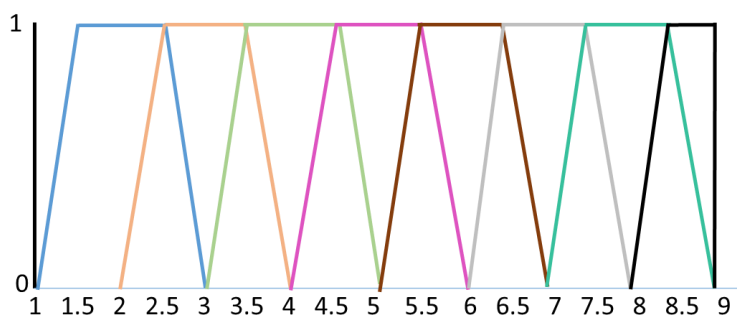
$$N = \frac{b+c}{2} + \frac{[d-c-(b-a)]}{2} = \frac{a+2b+2c+d}{6} \quad (46)$$

Tabla 7. Escala de Saaty en números difusos trapezoidales

Escala de importancia	Escala Numérica		
	Saaty	Difusa trapezoidal	Inversa reciproca difusa
Igualmente importantes	1	$(1,1,1,1)$	$(1,1,1,1)$
Importancia moderada de uno sobre el otro	3	$(2, \frac{5}{2}, \frac{7}{2}, 4)$	$(\frac{1}{4}, \frac{2}{7}, \frac{2}{5}, \frac{1}{2})$
Importancia esencial o fuertemente importante	5	$(4, \frac{9}{2}, \frac{11}{2}, 6)$	$(\frac{1}{6}, \frac{2}{11}, \frac{2}{9}, \frac{1}{4})$
Importancia muy fuerte	7	$(6, \frac{13}{2}, \frac{15}{2}, 8)$	$(\frac{1}{8}, \frac{2}{15}, \frac{2}{13}, \frac{1}{6})$
Extremadamente importante	9	$(8, \frac{17}{2}, 9, 9)$	$(\frac{1}{9}, \frac{1}{9}, \frac{2}{17}, \frac{1}{8})$
Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	2	$(x-1, x-\frac{1}{2}, x+\frac{1}{2}, x+1)$	$(\frac{1}{(x+1)}, \frac{1}{(x+\frac{1}{2})}, \frac{1}{(x-\frac{1}{2})}, \frac{1}{(x-1)})$
	4		
	6		
	8		

Fuente: Adaptado de Zheng *et al* 2012 y Lee *et al* 2012

Así, las variables lingüísticas de la comparación binaria en un AHP convencional se transforman en números difusos trapezoidales como se muestra en la Figura 8.

Figura 8. Representación de la escala en número difuso

El juicio de los expertos en términos de la importancia relativa entre el criterio i y el criterio j se agrega según la siguiente ecuación.

$$\tilde{r}_{ij} = (\tilde{a}_{ij1} \otimes \tilde{a}_{ij2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ijk})^{\frac{1}{k}} \quad (47)$$

Donde \tilde{a}_{ijk} denota la comparación pareada entre el criterio i y el j para el experto k . Luego en la matriz agregada se transforman los números difusos \tilde{r}_{ij} en números nítidos r_{ij}

siguiendo el método de clasificación propuesto por Yager en 1981 quién introduce dos implicaciones difusas llamadas implicaciones generadas por f e implicaciones generadas por g, en este caso se utilizan los número difusos inversos recíprocos para transformar la valoración lingüística de expertos ubicados en posiciones impares.

$$r_{ij} = \int_0^1 \frac{1}{2} \left((\tilde{r}_{ij})_{\alpha}^L + (\tilde{r}_{ij})_{\alpha}^U \right) d\alpha \quad (48)$$

Si se asume el número difuso trapezoidal \tilde{r}_{ij} parametrizado como (T_1, T_2, T_3, T_4) entonces

$$(\tilde{r}_{ij})_{\alpha}^L = T_1 + (T_2 - T_1)\alpha \quad (49)$$

y

$$(\tilde{r}_{ij})_{\alpha}^U = T_4 + (T_4 - T_3)\alpha \quad (50)$$

Reemplazando las ecuaciones 49 y 50 en la ecuación 48 se obtiene el número nítido para cada posición de la matriz de comparaciones pareada como:

$$r_{ij} = \int_0^1 \frac{1}{2} [T_1 + (T_2 - T_1)\alpha + T_4 + (T_4 - T_3)\alpha] d\alpha \quad (51)$$

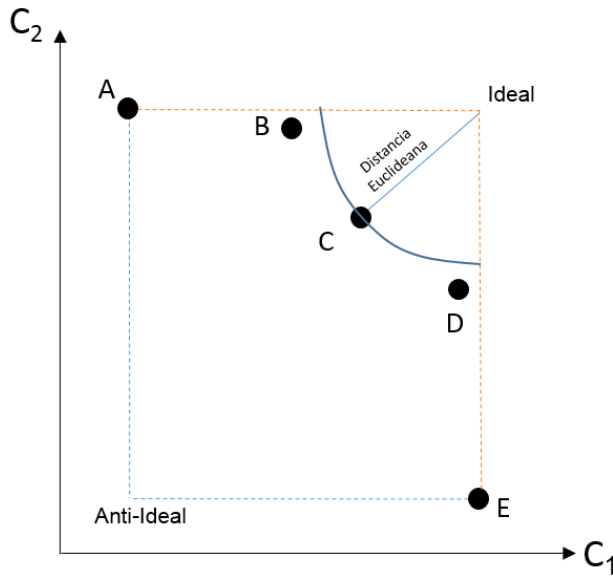
Luego de obtener esta matriz de números nítidos se realiza el proceso tradicional de AHP para obtener el vector de prioridades por MCL y se comprueba la consistencia de la matriz utilizando el método de razón de consistencia descrito en 2.2.1 (Valencia, 2014).

2.2.4. Técnica de ordenación de preferencia por similitud a la ideal –TOPSIS-

En 1976 Zeleny argumenta que si se tuviera una medida precisa de la utilidad de cada alternativa disponible, se podría predecir que cada persona elige la alternativa que le fuera "más atractiva", entonces el problema se reduciría a encontrar la medida precisa de utilidad. Pero si las alternativas son complejas y de múltiples atributos encontrar el valor de la utilidad no sería sencillo y tampoco ayudaría a entender cómo una persona toma decisiones, lo importante entonces sería entender el proceso mediante el cual quien toma las decisiones estructura el problema, crea y evalúa las alternativas, identifica los criterios relevantes, ajusta sus prioridades y procesa la información. En su propuesta asume preferencias cardinales, difusas y adaptativas sin aplicar los supuestos de indiferencia, independencia e intransitividad, introduce el concepto de soluciones de compromiso como el conjunto de las alternativas más cercanas a la ideal, donde dicha cercanía es determinada por una medida de distancia (Yoon, 1987). En 1981 Hwang y Yoon toman esta propuesta de soluciones de compromiso y la distancia euclideana para elegir la mejor alternativa considerando

simultáneamente la distancia más cercana a la solución ideal positiva (mejores valores de las alternativas) y más alejada de la solución anti-ideal (peores valores) para ordenar preferencias como un método de análisis multicriterio basado en rankings (Tzeng y Huang, 2011).

Figura 9. Análisis gráfico TOPSIS



Leyenda: Si se tienen dos criterios deseables C_1 y C_2 , y cinco alternativas (A, B, C, D, E) el máximo valor para C_1 está determinado por E y para C_2 por la alternativa A, lo que describe la situación ideal. Además trazando semicírculos en cada alternativa se puede calcular la distancia a la situación ideal y anti-ideal

Según Shih *et al* 2007, implementar un procedimiento TOPSIS y agregarlo a un grupo de expertos (Yoon, 2017) requiere de cinco etapas:

- i. Construir la matriz de decisión $D^k, k = 1, 2, \dots, K$ para cada tomador de decisiones

$$D^k = \begin{matrix} & \begin{matrix} X_1 & X_2 & \dots & X_j & \dots & X_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11}^k & x_{12}^k & \dots & x_{1j}^k & \dots & x_{1n}^k \\ x_{21}^k & x_{22}^k & \dots & x_{2j}^k & \dots & x_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{i1}^k & x_{i2}^k & \dots & x_{ij}^k & \dots & x_{in}^k \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1}^k & x_{m2}^k & \dots & x_{mj}^k & \dots & x_{mn}^k \end{bmatrix} \end{matrix}$$

A_i , denota la alternativa $i, i = 1, \dots, m$; X_j representa el criterio $j, j = 1, \dots, n$; x_{ij}^k indica la calificación de la alternativa A_i con respecto al atributo X_j por parte del

tomador de decisiones k , $k = 1, \dots, K$, así, se deben tener K matrices de decisión para cada integrante del grupo de tomadores de decisiones.

- ii. Construir la Matriz de criterios Normalizada: El propósito de la normalización es obtener una escala comparable de las diversas unidades de medida que posee cada atributo:

$$r_{ij}^k = \frac{x_{ij}^k}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij}^k)^2}} \quad (52)$$

- iii. Calcular los pesos normalizados $v_{ij} = r_{ij}^k w_j$
- iv. Calcular los valores ideales y anti ideales: Si el criterio representa valores deseables la mejor alternativa es la que maximiza el criterio, si por el contrario, el criterio es un valor no deseable lo mejor es minimizarlos $S_i^t = [\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)]^{\frac{1}{2}}$
- v. Calcular el score de desempeño: $p_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ S_i^-}$, lo que permite clasificar un conjunto de alternativas según el orden descendente del valor de p_i .

El seguir estos pasos y combinarlos con AHP simple, por D-números y difuso permite generar un ranking de estados de salud con valores entre 0 y 1, donde un valor cercano a 1 denotará el mejor estado de salud declarado y el más cercano a 0 permitirá identificar el peor estado según la declaración de preferencias de las personas encuestadas.

2.3. Obtención de información primaria

Entre enero y diciembre de 2017 se realiza el levantamiento de datos en la Entidad Promotora de Salud de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín –UNISALUD- Campus el Volador quien autoriza el proceso de encuesta en la sala de espera de la EPS (Anexo A). Durante el segundo semestre de 2017 se tiene el apoyo de Bienestar Universitario de Sede para realizar encuestas durante actividades de promoción de la salud, en este mismo período algunos profesores del Departamento de Economía de la Facultad de Ciencias Humanas y Económicas de la Sede autorizan realizar la encuesta a sus estudiantes en un espacio durante la clase.

A cada persona se le explica en qué consiste el estudio, para qué se utilizarían los resultados y que responder el cuestionario no representa ningún riesgo para la salud, finalmente se les explica que la información por ellos entregada no se utilizará para fines distintos a los explicados. Así, quienes aceptan participar, firman el consentimiento informado y responden la encuesta (Anexo B). Las entrevistas duraron entre 10 minutos y una hora, los tiempos de entrevista más largos se tuvieron con adultos mayores de la EPS UNISALUD y con personas de bajo nivel educativo.

Durante la prueba piloto se presentan a cada entrevistado cinco posibles estados de salud en tres grupos de niveles de severidad: bueno, moderado y malo para que hicieran una ordenación al interior de cada grupo desde el más preferido al menos preferido, el estado que se ubicó como el preferido en cada grupo se incorpora en la encuesta para ser valorado por las personas a entrevistar. Los estados de salud valorados en cada grupo se eligieron de manera aleatoria y según el peso teórico asignado a cada estado, en los dos primeros grupos se elige el considerado el mejor estado y en el grupo 3 el peor y se configura con una WTD, este proceso se realiza siguiendo a Dolan (1996, 1997), la tabla 8 muestra los grupos y los estados de salud en el orden en el que se presentaron en la prueba piloto.

Tabla 8. Elección de escenarios

Estados de Salud	Grupo 1 (Bueno)	Grupo 2 (Moderado)	Grupo 3 (Malo)
1	31211	23123	43434
2	23211	33322	34454
3	11132	12433	43325
4	12211	43313	24534
5	21312	21234	44413

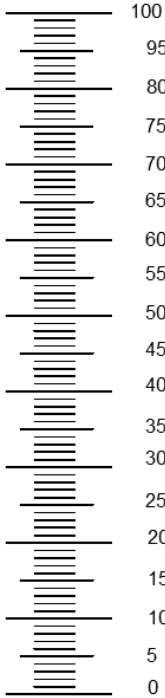
Durante los primeros seis meses del año 2017, se hace las entrevistas personales en la sala de espera de UNISALUD, para el segundo semestre de 2017, UNISALUD autoriza la participación de dos estudiantes de pregrado en Economía para apoyar el proceso de encuesta, la capacitación a estos estudiantes se realiza durante el mes de julio de 2017. Cada formulario se enumera en orden consecutivo ascendente desde el 1 hasta el 301 para dar cuenta de la posición de cada entrevistado en la muestra y poder corregir los errores de digitación que se pudieran presentar.

2.3.1. Diseño de instrumento de recolección de información

Para el ejercicio de aplicación y levantamiento de datos en campo, se diseña un instrumento de recolección de información primaria con cuatro bloques de preguntas. El primero de caracterización socio-demográfica que incluye diez preguntas: número de identificación, edad, sexo al nacer, nivel educativo, rango de ingresos, estrato socioeconómico, ocupación, EPS, si eran afiliados a UNISALUD, en este caso se pregunta si eran beneficiarios o cotizantes. Finalmente se pregunta si el encuestado pertenece a algún programa de salud en su EPS.

En el segundo bloque se presenta el cuestionario internacional EQ-5D-5L del grupo EuroQol, quien autoriza el uso gratuito de la versión impresa para entrevistas personales en español – Colombia. Este permiso fue dado para uso exclusivo de este estudio bajo el código de registro ID 27819; la versión autorizada no puede reproducirse o implementarse en dispositivos electrónicos sin aprobación previa, solo se permite ser entregada a los encuestados de forma impresa para ser llenada con lapicero, para utilizarse en otra investigación debe solicitarse un nuevo permiso (Anexo C). Este cuestionario EQ-5D-5L tiene dos partes: en la primera se evalúa el estado de salud al momento de la encuesta en términos de cinco dimensiones y en la segunda se presenta un termómetro de valoración por VAS que captura la percepción de estado de salud al momento de la encuesta en una escala de 0 a 100, siendo 0 la peor valoración y 100 la mejor (Tabla 9).

Tabla 9. Bloque 2 de preguntas EQ-5D-5L y VAS

Cuestionario EQ-5D-5L			VAS	
Movilidad (MO)	No tiene problemas para caminar	1	¿ Cómo está su salud hoy? 	
	Tiene problemas leves para caminar	2		
	Tiene Problemas moderados para caminar	3		
	Tiene problemas graves caminar	4		
	Es incapaz de caminar	5		
Cuidado Personal (CP)	No tiene problemas para B&V	1		
	Tiene problemas leves para B&V	2		
	Tiene problemas moderados para B&V	3		
	Tiene problemas graves para B&V	4		
	Soy incapaz de B&V	5		
Actividades Cotidianas (AC)	No tiene problemas para hacer mis AC	1		
	Tiene problemas leves para hacer mis AC	2		
	Tiene problemas moderados para hacer mis AC	3		
	Tiene problemas graves para hacer mis AC	4		
	Soy incapaz de hacer mis AC	5		
Dolor / Malestar (DM)	No tiene dolor ni malestar	1		
	Tiene dolor o malestar leve	2		
	Tiene dolor o malestar moderado	3		
	Tiene dolor o malestar fuerte	4		
	Tiene dolor o malestar extremo	5		
Angustia / Depresión (AD)	No estoy angustiado(a) ni deprimido(a)	1		
	Estoy levemente angustiado(a) o deprimido(a)	2		
	Estoy moderadamente angustiado(a) o deprimido(a)	3		
	Estoy muy angustiado(a) o deprimido(a)	4		
	Estoy extremadamente angustiado(a) o deprimido(a)	5		

Fuente: Adaptada de EuroQol, encuesta original en el Anexo D

En el tercer bloque de preguntas se presenta a cada entrevistado el listado de las dimensiones evaluadas para que haga la comparación pareada en términos de la importancia relativa que cada dimensión tiene a la hora de evaluar su estado de salud al momento de la encuesta. Se emplea la escala de valoración propuesta por Saaty (1980) considerando los números impares del 1 al nueve, los números pares se utilizan para definir la importancia relativa cuando el encuestado presentaba dudas en elegir un nivel de importancia u otro. Según los criterios se tiene una matriz de comparación 5X5.

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} MO & CP & AC & DM & AD \end{matrix} \\ \begin{matrix} MO \\ CP \\ AC \\ DM \\ AD \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Dado que la matriz es simétrica y recíproca, los encuestados debían emitir 10 juicios, correspondientes a la triangular superior de la matriz A .

$$\frac{n(n-1)}{2} = \frac{5(5-1)}{2} = 10$$

La pregunta para obtener estas valoraciones se hizo de la siguiente forma:

Compare las siguientes dimensiones en la percepción de su estado de salud el día de hoy y valore su importancia de la siguiente forma: asigne el valor de 1 si considera que las dimensiones son iguales, 3 si considera que una dimensión tiene importancia moderada sobre la otra, 5 si la dimensión es fuertemente importante, 7 si considera que la importancia es muy fuerte y 9 si es extremadamente importante. Utilice una X para señalar la dimensión que considera de mayor importancia, en caso de considerar que ambas dimensiones son igualmente importantes marque cada una con X.

Tabla 10. Comparación pareada de dimensiones

					Valor
<input type="checkbox"/>	Movilidad	vs	Cuidado Personal	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	Movilidad	vs	Actividades Cotidianas	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	Movilidad	vs	Dolor/Malestar	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	Movilidad	vs	Angustia/Depresión	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	Cuidado Personal	vs	Actividades Cotidianas	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	Cuidado Personal	vs	Dolor/Malestar	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	Cuidado Personal	vs	angustia/Depresión	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	Actividades Cotidianas	vs	Dolor/Malestar	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	Actividades Cotidianas	vs	angustia/Depresión	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	Dolor/Malestar	vs	angustia/Depresión	<input type="checkbox"/>	_____

En el cuarto y último bloque se presentan tres escenarios hipotéticos de estados de salud para evaluar preferencias y puntos de indiferencia por cTTO, estos escenarios se eligen después de realizar la prueba piloto. Dos estados fueron considerados BTD y uno WTD, todos los entrevistados evalúan los tres escenarios para evitar efectos de grupo y deben elegir cuál de los dos estados presentados es el que prefieren, una vez elegido el estado preferido se inicia al proceso de intercambio temporal, variando el tiempo de permanencia en el estado elegido hasta encontrar el punto de duración en años en el que el entrevistado estaba indiferente entre elegir uno otro. Los escenarios fueron presentados de la siguiente forma (Figura 10 y Figura 11):

Figura 10. Escenarios para estados BTD

Escenario 1

11111

5 años de vida

No tiene problemas para caminar
No tiene problemas para B&V
No tiene problemas para hacer mis AC
No tiene dolor ni malestar
No esta angustiado(a) ni deprimido(a)

Estado A

12211

10 años de vida

No tiene problemas para caminar
Tienen problemas leves para B&V
Tiene problemas leves para hacer sus AC
No tiene dolor ni malestar
No esta angustiado(a) o deprimido(a)

Estado B

Elección:
Estado A ☐
Estado B ☐
Son iguales ☐

Escenario 2

11111

5 años de vida

No tiene problemas para caminar
No tiene problemas para B&V
No tiene problemas para hacer mis AC
No tiene dolor ni malestar
No esta angustiado(a) ni deprimido(a)

Estado A

23123

4 años en este estado de salud + 6 años de perfecta salud

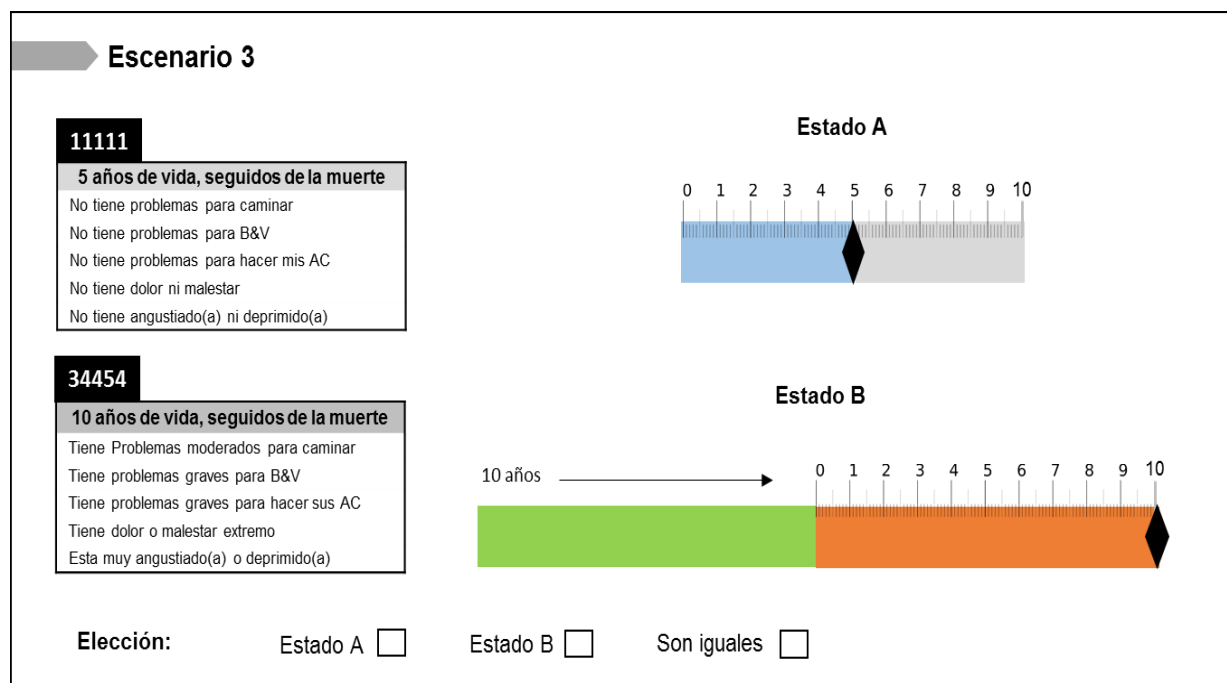
Tiene problemas leves para caminar
Tiene problemas moderados para B&V
No tiene problemas para hacer sus AC
Tiene dolor y malestar leve
Está moderadamente angustiado(a)/deprimido(a)

Estado B

Elección:
Estado A ☐
Estado B ☐
Son iguales ☐

Leyenda: el estado de perfecta salud se pinta de azul, un estado de salud alejado del estado perfecto se pintó de naranja y el diamante negro marca el momento de la muerte.

Las personas entrevistadas en la prueba piloto consideraron que estados con Dolor/Malestar fuerte y Angustia/Depresión severa son estados peores a la muerte y que el escenario 1 presenta un estado de salud mejor al presentado en el escenario 2.

Figura 11. Escenario para estados de salud WTD

Leyenda: el estado de perfecta salud se pinta de azul, un estado de salud alejado del estado perfecto se pintó de naranja, los 10 años de vida en perfecta salud que se entregan para hacer el intercambio se pintan de verde y el diamante negro marca el momento de la muerte.

En total cada entrevistado valora cinco estados de salud posibles, los expuestos en cada uno de los tres escenarios, el estado de perfecta salud y el peor estado de salud posible, estos dos últimos en relación al tiempo (entre 0 y 10 años) que estarían dispuestos estar en cada uno de ellos. El número de estados de salud a valorar se limita a cinco debido a que en otras investigaciones se sugiere que las personas solo pueden procesar entre cinco y nueve piezas de información (Miller, 1956) (Pearmain et al, 1990) (Dolan et al, 1995) (Brazier, 2002).

2.3.2. Población y muestra

El levantamiento de datos se realiza en el Campus el Volador de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Según el informe de gestión al 2017 la Sede contaba con 598 docentes de planta, 574 empleados administrativos y 12.437 estudiantes de pregrado. Según informe de gestión de UNISALUD nacional a 2017, Medellín contaba con 3.720 afiliados entre docentes activos, personal administrativo, jubilados, empleados en diversos cargos y beneficiarios de los cotizantes.

En esta población se realiza un muestreo no probabilístico o por conveniencia por cuotas debido a disponibilidad de acceso a la información ya que se trataba de una investigación para hacer una prueba metodológica, pero en la que no se realizarían estudios de causalidad o asociación, según Ceron et al (2006) este tipo de muestreo es común en investigaciones aplicadas. Por cuotas se refiere a que se tuvieron en cuenta los diferentes tipos de grupos poblacionales que hacen parte de la comunidad Universitaria y de UNISALUD y se establece el número de personas que serían entrevistadas en cada cuota de acuerdo a su representación en la población objetivo. Los encuestados fueron seleccionadas de forma aleatoria en tres espacios universitarios: UNISALUD, programas públicos de promoción de la salud de Bienestar Universitario de Sede y aulas de clase.

“ En este tipo de muestreo no es necesario asegurar la representatividad de la población por lo que no se puede calcular con precisión el error estándar...se recomienda en estudios de casos, en poblaciones heterogéneas o en estudios que son dirigidos a poblaciones y grupos muy específicos” (Scharager et al, 2001, p. 2).

Tabla 11. Muestra y Cuotas

Características			n	%
Afiliados Unisalud	Beneficiarios		28	18%
	Cotizantes	Docente	20	13%
		Empleado/Administrativo	23	15%
		Jubilado	83	54%
	Total general		154	100%
Comunidad Universitaria	Docente		20	14%
	Empleado/Administrativo		10	7%
	Estudiante		117	80%
	Total general		147	100%

Además de las cuotas, la muestra refleja la heterogenidad de la población en términos de características como la edad, estrato socioeconómico y nivel de educativo. Como criterios de inclusión se considera ser mayor de edad, es decir mayor a 18 años, hacer parte de la comunidad universitaria o ser afiliado de UNISALUD y aceptar ser entrevistado previa firma del consentimiento informado. Se definió como tiempo de finalización del trabajo de campo diciembre de 2017 y a esa fecha se entrevistaron en total 301 personas entre los 18 y 90 años con las características de entrada que se muestran en la tabla 11.

2.3.3. Limitaciones en la recolección de información

Inicialmente se solicita el permiso a UNISALUD para realizar la investigación en su entidad con las personas del programa de riesgo cardiovascular, debido a que esta es la principal causa de muerte a nivel nacional. El proyecto se presenta en varias instancias y después de nueve meses de trámites se autoriza hacer el estudio en dicha EPS. Se hacen reuniones con el equipo directivo, el personal médico encargado del programa y con los funcionarios de promoción de la salud de la EPS, se les explica el proceso de encuesta y se acuerda hacer entrevistas personales con los usuarios del programa. Sin embargo, cuando se solicita el listado de afiliados para ser contactados vía telefónica, acordar citas para la entrevista y comparar los resultados con la información de las historias clínicas se niega la entrega de información debido a la Ley de protección de datos Personales (Ley 1581 de 2012), lo que también impidió hacer el contraste con la valoración médica de cada paciente. No obstante, la EPS manifiesta seguir interesada en participar de la investigación y autoriza hacer las entrevistas en el lugar donde los afiliados esperan para ser atendidos por el personal médico. Para iniciar el proceso de encuesta se miden los tiempos desde que el usuario llega hasta el momento en que es llamado para la consulta, estos tiempos se toman durante dos semanas y se identifican los días de más afluencia de usuarios con tiempos de espera más largos para así tener el tiempo suficiente para hacer la encuesta y capturar la mayor cantidad de población objetivo. Con las personas adultas el tiempo de encuesta fue mayor, no porque no entendieran la encuesta sino porque con cada pregunta contaban una historia de vida que enriqueció el trabajo de campo. Con los empleados de bajo nivel educativo, el proceso de encuesta fue más lento porque debía explicarse detalladamente términos, definiciones y repetir en cada escenario el proceso de intercambio temporal.

Dado que la población que llegaba a consulta en su mayoría era población adulta, no se tenía una muestra heterogénea en edad y ocupación, por lo que se decide ampliar la muestra y entrevistar personas de la comunidad universitaria en diferentes lugares del Campus el Volador. Este estudio aunque se ve limitado por la no representatividad de la muestra, en países como España, Holanda y Alemania el índice de salud se ha calculado con muestras de tamaño 300, 309 y 330 respectivamente (Szende, 2007, p. 19).

2.4. Desarrollo y aplicación metodológica al cálculo del índice de salud

En esta investigación se considera que cada individuo es experto de su propio estado de salud, por eso se obtiene la valoración de estados de salud para 301 personas, y luego se agrega para la muestra, se calculan y comparan los resultados de los métodos propuestos con el sistema descriptivo ordinal EQ-5D. A continuación se describe la aplicación de los métodos descritos en los numerales 2.1 y 2.2 al caso específico de levantamiento de preferencias y cálculo del índice de salud a la información primaria obtenida en campo.

2.4.1. Método para estimación del índice teórico, por VAS y cTTO

La valoración teórica para el estado de salud declarado por cada entrevistado, derivado del segundo bloque de la encuesta, se calcula aplicando la ecuación 14 y se ajusta a una escala entre 0 y 1.

Así, por ejemplo el código de salud 12311 representa a un individuo sin problemas para caminar, con problemas leves para bañarse y vestirse, con problemas moderados para realizar sus actividades cotidianas, que no tienen dolor o malestar y tampoco está angustiado o deprimido, esta condición de salud podría deberse a un problema temporal en las extremidades superiores o en algún órgano de los sentidos entre otras. El valor teórico para este estado es de 85 y se obtiene de la siguiente forma: el estado de salud 12311 en EQ-5D-5L por codificación inversa se convierte en 54355 que tiene un valor teórico $T = 22$, que se obtiene de sumar cada valor de tal codificación así $T = 5 + 4 + 3 + 5 + 5$. Así mismo, y por codificación inversa el valor mínimo posible es de $5 = 1 + 1 + 1 + 1 + 1$ y el máximo $25 = 5 + 5 + 5 + 5 + 5$. En este sentido, el valor no ponderado para el código de estado de salud 12311 se obtiene como:

$$T_{12311} = \frac{22 - 5}{25 - 5} = \frac{17}{20} = 0.85$$

Este cálculo se realiza para cada uno de los 301 entrevistados y se define como el valor/utilidad teórica para cada estado de salud declarado bajo un código de cinco dígitos.

Con la VAS cada persona da la valoración subjetiva de su estado de salud al momento de la encuesta en una escala de 0 a 100, este valor se divide entre 100 para expresarlo en una escala de 0 a 1. Para obtener los coeficientes por VAS se estima un modelo multivariado de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) utilizando el software Stata 14. Así, en la regresión

lineal la variable dependiente se toma como $[1 - (VAS/100)]$, siendo este un valor que mide la distancia respecto al mejor estado de salud posible. En este caso, el VAS no se escala al valor teórico. Bajo este modelo de estimación asume una relación lineal entre las variables dependiente e independientes y una relación aditiva entre las variables independientes, se asume además que cada dimensión de salud es independiente de la otra, por lo tanto no se generaron variables explicativas de interacción entre las dimensiones. El modelo se estima bajo la opción de errores estándar robustos para controlar por heterocedasticidad, la prueba de Shapiro-Wilk se usa para verificar la normalidad de los residuales y con la prueba Ramsey RESET se verifica que el modelo no tenga problemas de especificación por variables omitidas. Para detectar presencia de multicolinealidad se calcula el factor de inflación de la varianza –VIF- (siglás en inglés para Variance Inflation Factor), para verificar que un regresor no esté en función de otro. Así, la calidad del modelo se verifica examinando que tan cercana es la predicción de Y, la linealidad del modelo y el comportamiento de los residuales. Las variables utilizadas se describen en la tabla 12.

Tabla 12. Definición de variables usadas en la estimación por VAS

Variable	Definición
Constante	Intercepto
MO	Movilidad
CP	Cuidado Personal
AC	Actividades Cotidianas
DM	Dolor/Malestar
AD	Angustia/Depresión
I_1	Si alguna dimensión está en el nivel 1
I_2	Si alguna dimensión está en el nivel 2
I_3	Si alguna dimensión está en el nivel 3
I_4	Si alguna dimensión está en el nivel 4
I_5	Si alguna dimensión está en el nivel 5
MO_1	Sin problemas para caminar
MO_2	Con problemas leves para caminar
CP_1	Sin problemas para bañarse y vestirse
AC_3	Problemas moderados para realizar actividades cotidianas
DM_2	Dolor/Malestar leve
DM_3	Dolor/Malestar moderado

El modelo estimado fue:

$$\left[1 - \left(\frac{VAS}{100}\right)\right] = \beta_0 + \beta_1 MO_1 + \beta_2 MO_2 + \beta_3 CP_1 + \beta_4 A_3 + \beta_5 DM_2 + \beta_6 DM_3 + \beta_7 AD \\ + \beta_8 I_1 + \beta_9 I_5 + \epsilon_{ij}$$

Además, utilizando los resultados del ejercicio por cTTO, información obtenida del bloque 3 del cuestionario, cada uno de los entrevistados valora los tres estados hipotéticos con el fin de no introducir efectos de grupo. En este caso, aunque la diferencia en tiempo entre la calificación del estado de salud percibido por cada entrevistado y la valoración de cada uno de los tres escenarios fue de minutos, se presenta un proceso de aprendizaje en cuanto al uso del intercambio temporal para la obtención del punto de indiferencia.

El modelo para determinar el nivel de utilidad por cTTO considera como variable dependiente $1 - S$, siendo S en los estados BTD $S = \frac{x}{t}$ y en los WTD $S = \frac{x-l}{t}$. Donde x representa el tiempo de perfecta salud que es intercambiado y se modifica hasta encontrar el punto de indiferencia, este valor inicia con 5 años de perfecta salud que se pueden aumentar hasta un máximo de 10 años o reducirse hasta un mínimo 0.5 años según las preferencias de quien toma decisiones, t es la duración del estado de salud h , valor que se fija por teoría en 10 años, procedimiento que se realiza siguiendo el protocolo EQ-VT.

Las utilidades se obtienen del siguiente modo: bajo un BTD si un entrevistado elige del Escenario 1, bloque 3 de la encuesta, la opción B: estado de salud h por 10 años y después morir, el tiempo de perfecta salud en la opción A se incrementa hasta que se declare indiferente entre las dos opciones, si tal punto se encuentra a los 6 años en perfecta salud, entonces el valor de utilidad asignado es $U(h) = \frac{6}{10} = 0.6$. Ahora, si está dispuesto a entregar 8 años de perfecta salud para evitar un WTD que tiene una duración de 10 años, como se presenta en el escenario 3 de la encuesta, el nivel de utilidad es de $U(h) = \frac{8-10}{10} = -0.2$, este procedimiento de iteración se realiza siguiendo lo presentado en la Figura 7.

En esta etapa del análisis, el objetivo es construir un modelo que permita predecir el valor para cada estado de salud posible generado con el cuestionario EQ-5D-5L. Se estima un modelo a nivel agregado que utiliza el valor medio para cada estado de salud evaluado por cTTO, se toma la misma terminología utilizada en Dolan en 1997, pero en lugar de aplicar una técnica de regresión GLS basada en supuestos *ad hoc*, se realiza un análisis exploratorio debido a la naturaleza de los datos como lo sugiere Busschbach et al (1999) y

se estiman modelos lineales con efectos fijos y aleatorios promediados por población, los cuales se definen en términos generales como:

$$y_{ij} = g(\beta_1 + \beta_2 X_{ij} + \beta_3 r_{ij}) + \epsilon_{ij}$$

La variable dependiente y_{ij} muestra el valor de utilidad del estado de salud i , con $i = 1, 2, 3, 4, 5$ valorados por el individuo j con $j = 1, 2, \dots, 301$. Así, para cada encuestado se tienen cinco observaciones para calcular el índice por cTTO.

- i. Valoración del tiempo, en años, que estaría dispuesto a permanecer en el estado de perfecta salud (11111).
- ii. La elección entre las opciones del escenario 1 (11111 vs 12211) y los años de vida intercambiados.
- iii. La elección entre las opciones del escenario 1 (11111 vs 23123) y los años de vida intercambiados.
- iv. La elección entre las opciones del escenario 1 (11111 vs 34454) y los años de vida intercambiados.
- v. Valoración del tiempo, en años, que estaría dispuesto a permanecer en el peor estado de salud posible (55555).

Dado que se entrevistaron 301 personas, en esta estimación se cuenta con 1505 observaciones, ya que la muestra se expande debido al número de valoraciones por entrevistado. g es una función que especifica la forma funcional elegida para el modelo estimado, β_1 es la constante, X el vector de variables dummy para cada nivel de respuesta por dimensión de salud valorada, por ejemplo X_{42} representa la dimensión de dolor/malestar a nivel leve, así para cada una de las cinco dimensiones, se crea una variable que da cuenta si el estado de salud contiene el nivel 1, 2, 3, 4 o 5 y variables de interacción entre las dimensiones que se recogen en el término r . El término de error (ϵ_{ij}) presenta una estructura de autocorrelación y propiedades de distribución que dependen de los supuestos del modelo estimado, las características sociodemográficas no fueron incluidas en la estimación.

Para considerar una especificación que considere la variación dentro y entre los encuestados, se estima un modelo de efectos aleatorios que reconoce que las n observaciones en m individuos no son iguales a $n \times m$ observaciones en diferentes individuos por lo que el término de error se divide en dos partes:

$$\varepsilon_{ij} = u_j + e_{ij}$$

Tal que u_j es la variación específica del encuestado, que se supone aleatoria a nivel individual y e_{ij} es un término de error para la valoración del estado de salud del individuo j , que se asume aleatorio en todas las observaciones. Ahora, cuando el investigador está interesado en analizar el impacto de variables tiempo variantes y se sospecha que las características individuales pueden influenciar las variables de resultado se puede especificar un modelo de efectos fijos, en el que se asume que cada individuo es diferente y los términos de error no deben estar correlacionados, en este caso u_j no sería un componente aleatorio sino un conjunto de efectos fijos a estimar. La comparación y elección entre la regresión de efectos fijos y aleatorios se realiza utilizando el test de Hausman.

2.4.2. AHP Simple

Estos métodos de análisis se aplican sobre la matriz de juicios que se deriva del bloque tres de la encuesta. Para cada uno de los 301 expertos (E_i) se construye una matriz simétrica y reciproca de comparación pareada derivada de los 10 juicios subjetivos de importancia relativa de una dimensión de salud sobre otra. Esta valoración subjetiva de las dimensiones permite obtener preferencias y capturar intangibles que los métodos tradicionales no capturan, además tienen en cuenta en la toma de decisiones toda la experiencia de quien valora las dimensiones en procesos de salud enfermedad, especialmente en el caso de población que ha experimentado problemas de salud de cualquier tipo, independientemente de la edad.

Para cada E_i se construye una matriz $A_{5 \times 5}$ de la siguiente forma:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} MO & CP & AC & DM & AD \end{matrix} \\ \begin{matrix} MO \\ CP \\ AC \\ DM \\ AD \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

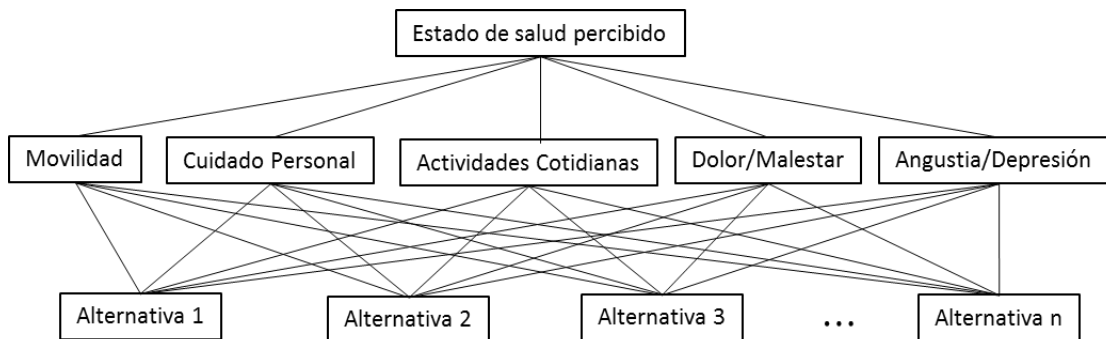
MO: Movilidad. CP: Cuidado personal. AC: Actividades cotidianas. DM: Dolor/malestar y AD: Angustia/Depresión

En esa matriz se evalúa reciprocidad y homogeneidad de modo que si $a_{ij} = x$ por reciprocidad se debe cumplir que $a_{ji} = \frac{1}{x}$ con $\frac{1}{9} \leq x \leq 9$. Si las dimensiones i, j se consideran iguales, por homogeneidad se debe cumplir que $a_{ij} = a_{ji} = 1$; además $a_{ij} =$

$1 \forall i = j$. La evaluación de la consistencia se realizó de acuerdo al método utilizado para la obtención del vector de prioridades.

Para el proceso por AHP se asumen como criterios, las cinco dimensiones de salud consideradas en el cuestionario EQ-5D-5L, y cada encuestado valora la importancia relativa de cada dimensión a la hora de calificar el estado de salud percibido el día de la encuesta.

Figura 12. Árbol de jerarquías bajo AHP



En este ejercicio y dado que no se realiza la evaluación de ningún programa, servicio o tecnología médica no se hace una comparación de alternativas sino que se construye una matriz de comparación de criterios/dimensiones del estado de salud.

En el AHP simple los juicios contenidos en la matriz A se sintetizan para obtener el vector propio de prioridades que define el peso de cada dimensión en la valoración del estado de salud, para esto se normaliza la matriz A , de modo que cada componente a_{ij} se divide por la suma de la columna respectiva, es decir; $\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^5 1+a_{i1}}$. Con la matriz normalizada N se calcula la media geométrica para cada fila y se obtiene un vector columna 5×1 que indica el peso de cada dimensión en la valoración del estado de salud para cada persona entrevistada.

Para comprobar el axioma de transitividad en esta revelación de preferencias, se calcula la razón de consistencia (RC) como el cociente entre el índice de consistencia (IC) y el índice de consistencia aleatoria (IA), en este ejercicio $IA = 1.12$ dado que $n = 5$ según datos de la tabla 6, dicha consistencia implica además que cada columna (fila) de A es linealmente dependiente, $n = 5$ y $n - 1 = 4$. Se calcula el $\lambda_{max} = A\omega$ que es diferente para cada

experto, en este caso $IC = \frac{\lambda_{max}-5}{4}$ y por lo tanto $RC = \frac{\lambda_{max}-5}{4.48}$, para todos los $RC < 0.10$ se asume consistencia.

Finalmente, dado que el grupo es una colección de 301 individuos, se construye una matriz agregada A_b donde el valor b_{ij} componente de A_b se calcula por media geométrica, así

$$b_{12} = (a_{12}^1 \otimes a_{12}^2 \otimes a_{12}^3 \otimes \dots \otimes a_{12}^{301})^{\frac{1}{301}}$$

Esta matriz A_b fue normalizada y se obtiene el valor propio para el total de encuestados, en esta matriz también se comprueba el cumplimiento de la condición de consistencia.

2.4.3. AHP extendido por D números (DAHP)

En este método el vector de prioridades se obtiene bajo una técnica que permite modelar la toma de decisiones influenciada por diferentes tipos de incertidumbre, donde la asignación de probabilidades básicas en el marco del discernimiento se usa para expresar dicha incertidumbre en una matriz pareada de juicios. Estos D-números son una representación de la información con incertidumbre como extensión de la teoría Dempster-Shafer.

Este ejercicio se realiza a nivel individual y a nivel grupal, el primero con el fin de obtener el vector de prioridades modelando la incertidumbre presente en la evaluación de la importancia relativa de una dimensión sobre otra en la definición del estado de salud, en este caso se obtiene para cada experto el parámetro de credibilidad λ y un vector de prioridades bajo un escenario de credibilidad alta, esto es bajo un $\underline{\lambda}$, lo que permite corregir, en caso de presentarse, inconsistencias en la matriz de juicios en un AHP simple. La agregación se hace aplicando la teoría de los D-números de probabilidades subjetivas, considerando, a nivel general, el grado de preferencia de un criterio sobre otro para construir la matriz de preferencia difusa. Este método permite entonces, corregir inconsistencias y agregar el juicio experto.

A nivel individual la matriz de juicios A con componentes a_{ij} se transforma en una matriz de preferencia difusa descrita por una matriz de comparación difusa recíproca aditiva con componentes r_{ij} , tal transformación se realiza utilizando la ecuación 35, en ella se utiliza el logaritmo base 9, debido a que la escala de Saaty es de 1 a 9.

Así por ejemplo, si la matriz de comparación pareada para el experto i -ésimo es A_i se transforma en una matriz de relación de preferencia difusa R_i basada en valores lingüísticos dados por expertos, esta matriz es descrita por una comparación pareada de juicios con un recíproco aditivo de la forma $r_{ij} + r_{ji} = 1$ en lugar de un recíproco multiplicativo $a_{ij} \times a_{ji} = 1$. Esta representación difusa se asocia a una función de pertenencia $\mu_R: A \times A \rightarrow [0,1]$ pero cuando el tamaño de la matriz es pequeño, esta relación se puede representar mediante la matriz $R_i = [r_{ij}]_{n \times n}$ según la ecuación 35, de la siguiente forma:

$$A_i = \begin{array}{c|ccccc} & \text{MO} & \text{CP} & \text{AC} & \text{DM} & \text{AD} \\ \hline \text{MO} & 1 & 6 & 0.13 & 7 & 0.11 \\ \text{CP} & 0.17 & 1 & 0.11 & 0.13 & 0.14 \\ \text{AC} & 8 & 9 & 1 & 6 & 0.17 \\ \text{DM} & 0.14 & 8 & 0.17 & 1 & 0.14 \\ \text{AD} & 9 & 7 & 6 & 7 & 1 \end{array} \rightarrow R_i = \begin{array}{c|ccccc} & \text{MO} & \text{CP} & \text{AC} & \text{DM} & \text{AD} \\ \hline \text{MO} & 0.50 & 0.91 & 0.03 & 0.94 & 0.00 \\ \text{CP} & 0.09 & 0.50 & 0.00 & 0.03 & 0.06 \\ \text{AC} & 0.97 & 1.00 & 0.50 & 0.91 & 0.09 \\ \text{DM} & 0.06 & 0.97 & 0.09 & 0.50 & 0.06 \\ \text{AD} & 1.00 & 0.94 & 0.91 & 0.94 & 0.50 \end{array}$$

$$\text{Así } a_{31} = 8 \rightarrow r_{31} = 0.5(1 + (\log_9 8)) = 0.97$$

Según los resultados de la matriz R_i se pueden establecer relaciones de preferencia estricta, débil e indiferencia de acuerdo a los valores r_{ij} así: 0.5 marca relaciones de indiferencia, este valor se obtiene para la diagonal principal, es decir, para todos los r_{ij} con $i = j$. La preferencia estricta ($>$), de la dimensión i sobre la dimensión j para $r_{ij} = 1$, en este caso, la dimensión de Angustia/Depresión es preferida estricta a las demás dimensiones. La preferencia estricta, ($>$), de la dimensión j sobre la dimensión i para $r_{ij} = 0$ como en el caso de $AC > CP$. También se pueden establecer relaciones de preferencia débil tal como se describe en la sección 2.2.2.

Esta matriz R_i de relaciones de preferencia se transforma en una matriz de unos y ceros, o matriz de probabilidad R_i^p para el experto i , R_i^p , siguiendo las reglas: i). $\Pr(A_i > A_j) = 1$ si $r_{ij} > 0.5$ y ii). $\Pr(A_i > A_j) = 0$ si $r_{ij} \leq 0.5$.

$$R_i^p = \begin{array}{c|ccccc|c} & \text{MO} & \text{CP} & \text{AC} & \text{DM} & \text{AD} & \text{Suma por fila} \\ \hline \text{MO} & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 2 \\ \text{CP} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{AC} & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 3 \\ \text{DM} & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \text{AD} & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 4 \end{array}$$

El calcular la suma por filas permite identificar el orden de preferencia por dimensión, en este caso se elimina la fila y la columna correspondiente a la dimensión con mayor valor por fila, en este ejemplo la dimensión Angustia/Depresión obtiene el valor más alto, por lo que se elimina la fila y columna, a la matriz resultante se le aplica el mismo proceso hasta que la matriz quede sin ningún elemento.

	MO	CP	AC	DM	Suma		MO	CP	DM	Suma		CP	DM	Suma		CP
MO	0	1	0	1	2	MO	0	1	1	2	CP	0	0	0	CP	0
CP	0	0	0	0	0	CP	0	0	0	0	DM	1	0	1		
AC	1	1	0	1	3	DM	0	1	0	1						
DM	0	1	0	0	1											

Se elimina fila y columna 3 (AC) Se elimina fila y columna 1 (MO) Se elimina fila y columna 2 (DM)

Este proceso permite identificar el orden de preferencia jerárquico así: AD, AC, MO, DM, CP y construir la matriz triangular R_p^T para cada experto y reescribir la matriz R_i en una matriz triangulada R_i^T según este orden así:

	AD	AC	MO	DM	CP		AD	AC	MO	DM	CP
$R_p^T =$	AD	0	1	1	1	AD	0.50	0.91	1.00	0.94	0.94
	AC	0	0	1	1	AC	0.09	0.50	0.97	0.91	1.00
	MO	0	0	0	1	MO	0.00	0.03	0.50	0.94	0.91
	DM	0	0	0	0	DM	0.06	0.09	0.06	0.50	0.97
	CP	0	0	0	0	CP	0.06	0.00	0.09	0.03	0.50

Se asume entonces que de acuerdo a la presentación inicial de dimensiones $MO = w_1$, $CP = w_2$, $AC = w_3$, $DM = w_4$ y $AD = w_5$ de modo que:

		w_5	w_3	w_1	w_4	w_2
$R_i^T =$	w_5	0.50	0.91	1.00	0.94	0.94
	w_3	0.09	0.50	0.97	0.91	1.00
	w_1	0.00	0.03	0.50	0.94	0.91
	w_4	0.06	0.09	0.06	0.50	0.97
	w_2	0.06	0.00	0.09	0.03	0.50

En la matriz R_i^T los elementos a lo largo y arriba de la diagonal principal indican los pesos para la relación de criterios y permiten construir un sistema de ecuaciones simultáneas para calcular el vector de prioridades ω de la siguiente forma:

$$\begin{cases} \lambda(w_5 - w_3) = 0.91 - 0.5 \\ \lambda(w_3 - w_1) = 0.97 - 0.5 \\ \lambda(w_1 - w_4) = 0.94 - 0.5 \\ \lambda(w_4 - w_2) = 0.97 - 0.5 \\ w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 = 1 \\ \lambda > 0 \\ w_i \geq 0 \forall i \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \end{cases}$$

En este sistema λ representa la información granular sobre la matriz de comparación pareada y refleja la capacidad cognitiva del experto, esto significa que el valor de cada peso depende del valor del parámetro λ , el cuál tomará un valor pequeño $|\underline{\lambda}|$ si la credibilidad el experto es alta, un $\lambda = n$ para $n = 5$ para credibilidad media, y $5 < \lambda \leq 12.5$ para niveles de credibilidad bajos, $|\bar{\lambda}| = \frac{n^2}{2}$. Así, solucionando el sistema de ecuaciones se encontró un nivel de credibilidad alta para un $|\underline{\lambda}| = 4.55$, en este ejemplo las ecuaciones que definen los pesos para las dimensiones son:

$$w_5 = \frac{1}{5} + \frac{0.88}{\lambda}$$

$$w_3 = \frac{1}{5} + \frac{0.47}{\lambda}$$

$$w_1 = \frac{1}{5}$$

$$w_4 = \frac{1}{5} - \frac{0.44}{\lambda}$$

$$w_2 = \frac{1}{5} - \frac{0.91}{\lambda}$$

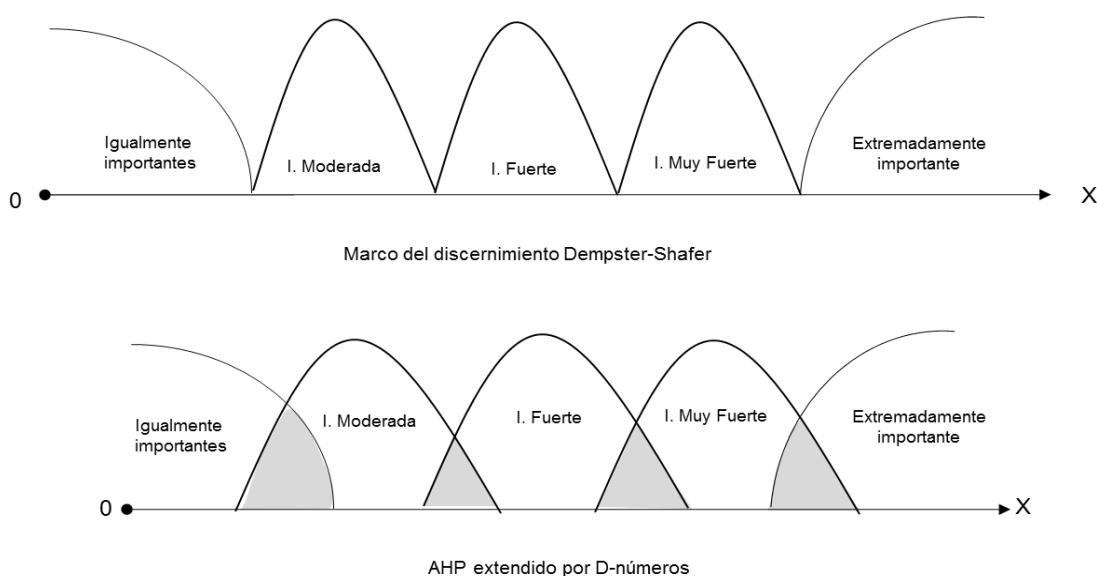
De aquí y de acuerdo a los valores que puede asumir λ , los pesos para las dimensiones

$$\text{Serán: } \begin{cases} w_5 \in (0.27; 0.39] \\ w_3 \in (0.23; 0.30] \\ w_1 = 0.2 \\ w_4 \in [0.10; 0.16) \\ w_2 \in [0; 0.127) \end{cases} \text{ para } \underline{\lambda}, \text{ el vector pesos por dimensiones es: } w_i = \begin{bmatrix} 0.39 \\ 0.31 \\ 0.20 \\ 0.10 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

Este proceso se realiza para cada uno de los 301 expertos entrevistados y se calcula el vector de prioridades para un nivel $\underline{\lambda}$, es decir para niveles de credibilidad alto.

Bajo esta metodología, la agregación del juicio experto se realiza aplicando la teoría de D-números extendida a relaciones de preferencia difusa. En este caso el grupo de opciones de respuesta para la construcción de la matriz de juicios tomada de la escala de Saaty: igualmente importantes, importancia moderada, importancia fuerte, importancia muy fuerte y extremadamente importante, se considera que no está en el marco del discernimiento ya que estas valoraciones no son mutuamente excluyentes, además la restricción aditiva se suaviza bajo D-números (D) ya que se puede contar con información completa o incompleta cuando se agregan juicios para los 301 expertos, es decir la suma de probabilidad subjetiva puede ser inferior a 1. Se estaría en un escenario de información incompleta si $\sum_{B \subseteq \Omega} D(B) < 1$ en otro caso $\sum_{B \subseteq \Omega} D(B) = 1$ siendo Ω un conjunto finito no vacío y D un mapeo en Ω tal que $D: \Omega \rightarrow [0, 1]$

Figura 13. Diferencia de juicios en un marco de discernimiento y en D-números



Fuente: Adaptado de Deng 2014

La agregación se hace tomando para cada experto la matriz de relación de preferencia difusa R_i para obtener a nivel grupal el grado de preferencia de una dimensión de salud sobre otra (b_i), estos valores entre 0 y 1 permiten identificar el porcentaje de expertos que establecen una relación de preferencia (v_i) y el grado de tal preferencia, con esta información se construyó la matriz D . Seguidamente, los elementos en D , se convirtieron en números nítidos c_{ij} utilizando la representación de integración por D números $I(D) =$

$\sum_{i=1}^n b_i v_i$, es decir, se obtuvo la matriz R_c , donde cada elemento c_{ij} se deriva de la sumatoria de la multiplicación de cada grado de preferencia por el porcentaje de expertos que coincidieron en esta valoración. Esta matriz R_c se transforma en una matriz de probabilidad R_p según las reglas expuestas en la sección 2.2.2.2. para obtener el vector de prioridades a nivel grupal.

2.4.4. AHP Difuso (FAHP)

Bajo este método los componentes a_{ij} de la matriz de comparación pareada se transforma en números difusos trapezoidales para cada experto y cuyos componentes se denotan por \tilde{a}_{ij} , esta transformación se hace siguiendo lo propuesto por Zheng et al (2012) y Lee et al (2012) y representado en la tabla 7. Siguiendo con el ejemplo utilizado en DAHP se toma la matriz simple A_i y se transforma en una matriz difusa F_i , como sigue:

		MO	CP	AC	DM	AD
	MO	1	6	0.13	7	0.11
	CP	0.17	1	0.11	0.13	0.14
	AC	8	9	1	6	0.17
	DM	0.14	8	0.17	1	0.14
	AD	9	7	6	7	1
		↓				
		MO	CP	AC	DM	AD
	MO	(1, 1, 1, 1)	(5, 5.5, 6.5, 7)	(0.11, .0.12, 0.13, 0.14)	(6, 6.5, 7.5, 8)	(0.11, 0.11, 0.12, 0.13)
	CP	(0.14, 0.15, 0.18, 0.20)	(1, 1, 1, 1)	(0.11, 0.11, 0.12, 0.13)	(0.11, .0.12, 0.13, 0.14)	(0.13, 0.13, 0.15, 0.17)
	AC	(7, 7.5, 8.5, 9)	(8, 8.5, 9, 9)	(1, 1, 1, 1)	(5, 5.5, 6.5, 7)	(0.14, 0.15, 0.18, 0.20)
	DM	(0.13, 0.13, 0.15, 0.17)	(7, 7.5, 8.5, 9)	(0.14, 0.15, 0.18, 0.20)	(1, 1, 1, 1)	(0.13, 0.13, 0.15, 0.17)
	AD	(8, 8.5, 9, 9)	(6, 6.5, 7.5, 8)	(5, 5.5, 6.5, 7)	(6, 6.5, 7.5, 8)	(1, 1, 1, 1)

El objetivo de la aplicación de este método es encontrar la matriz agregada difusa para el total de 301 entrevistados y calcular el vector de prioridades para toda la muestra. La agregación se realiza siguiendo las leyes básicas sobre números difusos descritas en 2.2.3. El proceso realizado para agregación y obtención de números a nivel general, es decir considerando los 301 expertos, se ilustra en el siguiente ejemplo que toma información para cinco de ellos, $(E_1, E_2, E_3, E_4, E_5)$, el número difuso en la posición \tilde{r}_{12} , es decir para la

comparación pareada MO-CP, los números trapezoidales fueron parametrizados como (T_1, T_2, T_3, T_4) .

Tabla 13. Ejemplo de agregación por F-AHP

Criterios comparados	# Difuso	Expertos					$\tilde{r}_{ij} = (\tilde{a}_{ij1} \otimes \tilde{a}_{ij2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ij5})^{\frac{1}{5}}$
		E1	E2	E3	E4	E5	
MO-CP	T1	0.20	1.00	0.25	1.00	6.00	0.786
	T2	0.18	1.00	0.22	1.00	5.50	0.740
	T3	0.15	1.00	0.18	1.00	4.50	0.661
	T4	0.14	1.00	0.17	1.00	4.00	0.625

Así, para T1:

$$\tilde{r}_{T1} = (0.20 \otimes 1.00 \otimes 0.25 \otimes 1.00 \otimes 6.00)^{\frac{1}{5}} = 0.786$$

El límite superior e inferior por α cortes se obtiene aplicando las siguientes ecuaciones:

$$(\tilde{r}_{12})_{\alpha}^L = T_1 + (T_2 - T_1)\alpha = (0.786 - 0.046\alpha)$$

$$(\tilde{r}_{12})_{\alpha}^U = T_4 + (T_4 - T_3)\alpha = (0.625 - 0.036\alpha)$$

Con esta información se calcula el número nítido para la posición r_{12} utilizando la siguiente ecuación:

$$r_{12} = \int_0^1 \frac{1}{2} [(0.786 - 0.046\alpha) + (0.625 - 0.036\alpha)] d\alpha$$

$$r_{12} = \int_0^1 (0.706 - 0.041\alpha) d\alpha$$

Así el valor nítido para la posición $r_{12} = 0.6855$

Este procedimiento se realiza para la muestra total de 301 expertos y se calcula el valor nítido r_{ij} para cada posición de la matriz. La integración de cada valor difuso se realiza utilizando la ecuación 47

$$\tilde{r}_{ij} = (\tilde{a}_{ij1} \otimes \tilde{a}_{ij2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ij301})^{\frac{1}{301}}$$

2.4.5. TOPSIS

Con el fin de entender el proceso mediante el cual quien toma las decisiones estructura el problema, identifica los criterios relevantes, procesa la información y define sus prioridades, se implementó un proceso TOPSIS para obtener el valor de cada código de salud en una escala entre 0 y 1. El proceso se implementa asumiendo que en esta etapa no hay elección de alternativas sino calificación de criterios que definen el estado de salud actual de cada experto que responde a la encuesta, así se construye una matriz de criterios de tamaño 301×5 , donde las filas representan a cada una de las personas entrevistadas (E) y las columnas el valor otorgado por cada persona a las cinco dimensiones que definen su estado de salud, así x_{ij} representa la calificación del experto E_i respecto al atributo j , con $i = 1, 2 \dots 301$ y $j = 1, 2 \dots 5$, siendo 1 movilidad, 2 cuidado personal, 3 actividades cotidianas 4 dolor/malestar y 5 angustia/depresión, en este sentido $x_{53} = 2$ significa que la persona identificada con $ID = 5$ considera que tiene problemas leves para realizar sus actividades cotidianas, la matriz definida adquiere la siguiente forma:

$$D^k = \begin{matrix} & \begin{matrix} MO & CP & AC & DM & AD \end{matrix} \\ \begin{matrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_{n=301} \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} & x_{15} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} & x_{25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & x_{n4} & x_{n5} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Para normalizar la matriz de criterios D^k , la calificación a cada dimensión por cada experto x_{ij} se eleva al cuadrado $(x_{ij})^2$ y se calcula la sumatoria para cada dimensión, es decir el valor total por columna. Luego cada criterio se divide por la sumatoria de los criterios al cuadrado, así para cada dimensión de salud, se obtiene el valor normalizado para cada dimensión por cada experto,

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{301} (x_{ij})^2}}$$

Por ejemplo, el valor normalizado para la dimensión de movilidad del experto uno es:

$$r_{11} = \frac{x_{11}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{301} (x_{11})^2}}$$

Para calcular los pesos normalizados, cada criterio r_{ij} se multiplica por el vector de prioridades agregado para el grupo de 301 expertos de la siguiente forma $v_{ij} = r_{ij}\omega$. En este caso, ω representa el vector de prioridades que se calcula por tres métodos diferentes, AHP, DAHP y FAHP, así y dependiendo del vector w tomado se pudieron calcular tres índices de salud diferentes. En el caso de DAHP se toma el vector de pesos correspondiente a un nivel de credibilidad alto $[\underline{\lambda}]$.

Ahora, dado que el código de salud 11111 representa el estado de perfecta salud, el valor mínimo por columna, v_j^+ , en cada dimensión se asume como el valor ideal y el máximo como el valor anti-ideal ya que una calificación de 5 en cada dimensión representa la peor situación de salud posible v_j^- . Con estos valores, se calcula para cada experto E_i la distancia euclideana de la valoración de su estado de salud respecto a una situación de perfecta salud, ideal, y al peor estado de salud posible, anti-ideal, de la siguiente forma:

$$S_i^+ = \left[\sum_{j=1}^5 (v_{ij} - v_j^+)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$S_i^- = \left[\sum_{j=1}^5 (v_{ij} - v_j^-)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Con esta información se calcula para cada uno de los 301 entrevistados el peso de desempeño o valor asociado al código de salud como:

$$p_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ * S_i^-}$$

Este valor entre 0 y 1 se asocia a cada código de salud declarado por cada experto y permite clasificarlos del mejor al peor según el orden descendente del valor de p_i .

Así, el resultado por AHP, DAHP y FAHP se compara respecto al valor calculado por los métodos tradicionales: teórico, VAS y cTTO en términos del coeficiente de correlación. Así, por ejemplo tomando los resultados para cinco personas entrevistadas y el vector propio por AHP simple, el proceso para obtener el índice de salud bajo un esquema en híbrido con TOPSIS sería el siguiente:

Considere la siguiente matriz de criterios y calificación:

ID	Código	MO	CP	AC	DM	AD
ID_1	11112	1	1	1	1	2
ID_2	11211	1	1	2	1	1
ID_3	21232	2	1	2	3	2
ID_4	32241	3	2	2	4	1
ID_5	22124	2	2	1	2	4
Valor total columna		9	7	8	11	10

La normalización implica que cada valor de la fila se eleva al cuadrado y se divide por el valor total de la columna correspondiente, así el valor normalizado para MO del individuo 1 es igual a $\frac{1^2}{9} = 0.11$ lo que genera la siguiente matriz, que multiplicada por el vector propio derivado por un AHP simple, permite obtener la solución ideal y anti-ideal.

Matriz normalizada						Vector propio	
	MO	CP	AC	DM	AD		
ID_1	0.11	0.14	0.13	0.09	0.40	X	MO 0.25
ID_2	0.11	0.14	0.50	0.09	0.10		CP 0.21
ID_3	0.44	0.14	0.50	0.82	0.40		AC 0.19
ID_4	1.00	0.57	0.50	1.45	0.10		DM 0.19
ID_5	0.44	0.57	0.13	0.36	1.60		AD 0.16

Los resultados del proceso descrito permiten construir una matriz de pesos de la que se define como valor ideal el mínimo por columna y el anti-ideal el máximo, así el ideal de dolor/malestar es un valor de 0.02 y el peor o anti-ideal es de 0.27.

Tabla 14. Distancias y puntajes de desempeño

ID	MO	CP	AC	DM	AD	S^+	S^-	Valor	Código
ID_1	0.03	0.03	0.02	0.02	0.06	0.05	0.42	0.90	11112
ID_2	0.03	0.03	0.10	0.02	0.02	0.42	0.22	0.35	11211
ID_3	0.11	0.03	0.10	0.15	0.06	0.22	0.40	0.64	21232
ID_4	0.25	0.12	0.10	0.27	0.02	0.40	0.31	0.44	32241
ID_5	0.11	0.12	0.02	0.07	0.25	0.31	0.05	0.15	22124
v_{ij}^+	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02				
v_{ij}^-	0.25	0.12	0.10	0.27	0.25				

El cálculo de la distancia euclídeana del valor de cada individuo respecto al ideal y anti-ideal general se obtiene de la siguiente forma y considerando como ejemplo al ID_3 cuya distancia a la situación ideal y anti-ideal se obtiene de la siguiente forma:

$$S_3^+ = \sqrt{(0.11 - 0.03)^2 + (0.03 - 0.03)^2 + (0.10 - 0.02)^2 + (0.15 - 0.02)^2 + (0.06 - 0.02)^2} = 0.22$$

$$S_3^- = \sqrt{(0.11 - 0.25)^2 + (0.03 - 0.12)^2 + (0.10 - 0.10)^2 + (0.15 - 0.27)^2 + (0.06 - 0.25)^2} = 0.40$$

El valor o puntaje de desempeño para ID_3 se obtiene como:

$$\frac{S_3^-}{S_3^- + S_3^+} = \frac{0.40}{0.40 + 0.22} = 0.64$$

Esto significa que el valor asociado al código de salud 21232 es 0.64.

3. ANALISIS DE RESULTADOS EN LA ESTIMACIÓN Y CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SALUD

En este capítulo se muestran los resultados en la construcción del índice, iniciando con la descripción general de la población encuestada, los resultados obtenidos de la estimación utilizando OLS y GLS con efectos fijos, Se describe y presenta el índice de salud con la aplicación metodologías híbridas: AHP simple-TOPSIS, DAHP-TOPSIS y FAHP-AHP. Finalmente se hace un análisis comparativo del índice de salud derivado por las metodologías estudiadas.

3.1. Características sociodemográficas de la población encuestada

La muestra poblacional fue de 301 individuos, para la aplicación empírica y cálculo del índice de salud a partir de la percepción y situación real se caracterizó por contar con individuos entre 18 y 90 años de edad, donde el 35% tiene entre 18 y 23 años, en su mayoría mujeres, el 52% cuenta con estudios universitarios completos o incompletos, el 40% gana más de 3 salarios Mínimos Legales Vigentes –SMLV- al 2017, el 58% vive en zonas de estrato 3 y 4 y más del 60% no está inscrito en ningún programa de salud en la EPS en la que es afiliado (Tabla 13). La declaración del nivel de ingresos se refiere no al ingreso familiar sino al que obtiene cada individuo por efecto de salarios, rentas, honorarios y bonificaciones.

Tabla 15. Características de la muestra

Características		n	%
Sexo al nacer	Femenino	132	43.85%
	Masculino	169	56.15%
Edad*	18 -21	76	25.25%
	22 - 47	77	25.58%
	48-66	79	26.25%
	67-90	69	22.92%
	Media	41	
	Moda	18	
	Mediana	47	
Nivel Educativo	Primaria	29	9.63%
	Secundaria	38	12.62%
	Universitaria Completa	50	16.61%
	Universitaria Incompleta	105	34.88%

	Técnico	11	3.65%
	Tecnológico	17	5.65%
	Posgrado	39	12.96%
	Doctorado	12	3.99%
Rango de Ingresos**	< 1 SMLV	78	25.91%
	1 < SMLV < 2	104	34.55%
	> 3 SMLV	119	39.53%
Estrato Socioeconómico	1	7	2.33%
	2	51	16.94%
	3	113	37.54%
	4	63	20.93%
	5	51	16.94%
	6	16	5.32%
Programa de Salud	Si	93	30.90%
	No	206	68.44%

* Variable continua que se agrupó en cuartiles

** SMVL: Salarios Mínimos legales vigentes a 2017

La respuesta a las preguntas por el estado de salud que se describe en cinco dimensiones y por VAS según el formulario EQ-5D-5L, el estado de perfecta salud (11111) es el más frecuente con el 34% de las respuestas, 35% de ellas concentradas en población de los 18 a los 23 años. El 65% de toda la muestra se ubica en 5 estados de salud (11111, 11112, 11113, 11121 y 11122) en estos estados la peor calificación la obtiene la dimensión ansiedad/depresión y dolor/malestar (83%) en edades mayores a los 50 años.

Tabla 16. Respuestas por dimensiones que describen el estado de salud

Dimensiones		1	2	3	4	5
		Sin Problemas	Problemas			
			Leves	Moderados	Fuertes	Severos
Movilidad	n	246	32	18	5	
	%	81.73	10.63	5.98	1.66	
Cuidado Personal	n	298	3			
	%	99	1			
Actividades Cotidianas	n	253	39	8	1	
	%	84.05	12.96	2.66	0.33	
Dolor/Malestar	n	172	78	45	5	1
	%	57.14	25.91	14.95	1.66	0.33
Angustia/Depresión	n	183	74	38	4	2
	%	60.8	24.58	12.62	1.33	0.66

En las respuestas a la dimensión movilidad se encontraron diferencias estadísticamente significativas por el estadístico chi2 con $p_valor < 0.05$ en edad, sexo, nivel educativo y estrato. En dolor/malestar diferencias significativas por edad $p_valor = 0.005$, en angustia/depresión diferencias estadísticamente significativas por edad ($p_valor < 0.001$), nivel educativo ($p_valor = 0.001$) y nivel de ingresos ($p_valor = 0.001$). En las dimensiones de cuidado personal y actividades cotidianas no se encontraron diferencias significativas por características demográficas, estas dimensiones al parecer dependen de los niveles de severidad definido en otras dimensiones y no de las características individuales.

De la encuesta se derivaron 57 de 3125 posibles estados de salud a los que se les calculó su puntuación teórica siguiendo la ecuación 14, este valor se comparó por el declarado por cada individuo al valorar su estado en una escala de 0 -100 según la VAS, estos valores se ajustaron para presentarlos en una escala de 0 a 1 (Tabla 15). El peor estado de salud fue identificado con el código 42352 que corresponde a una mujer de 38 años, ama de casa con ingresos menores a 1 SMLV de estrato socioeconómico 2, con educación a nivel de secundaria que afirma pertenecer al programa de hipertensión de su EPS y que afirma tener cáncer en los huesos, su estado de salud evidencia problemas graves para caminar, problemas leves para el cuidado personal, problemas moderados para realizar sus actividades cotidianas, con dolor/malestar fuerte y levemente angustiada/deprimida, ella valoró su estado de salud por VAS en 0.63, pero según la valoración teórica a este estado le corresponde una calificación de 0.43.

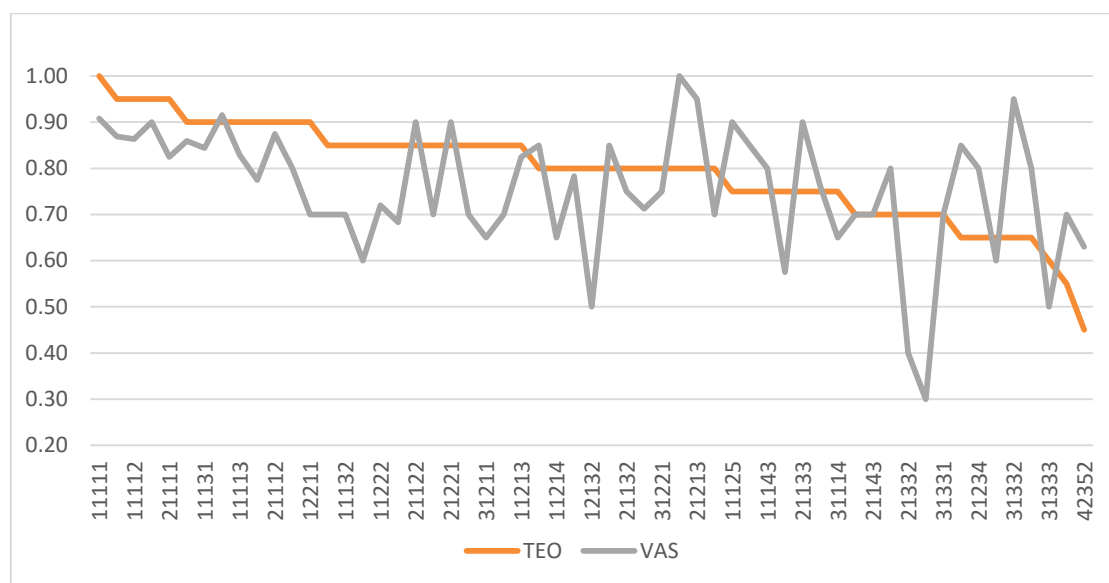
Tabla 17. Índice de salud teórico y por VAS

Código	N	%	Valor Teórico (TEO)	VAS				TEO- VAS(media)
				Media	SD	Mínimo	Máximo	
11111	101	33.55	1.00	0.91	0.09	0.50	1.00	0.09
11112	33	10.96	0.95	0.86	0.11	0.50	1.00	0.09
11113	12	3.99	0.90	0.83	0.13	0.60	1.00	0.07
11121	35	11.63	0.95	0.87	0.10	0.50	1.00	0.08
11122	15	4.98	0.90	0.86	0.13	0.50	0.98	0.04
11123	4	1.33	0.85	0.70	0.14	0.50	0.80	0.15
11125	1	0.33	0.75	0.90	NA	0.90	0.90	-0.15
11131	9	2.99	0.90	0.84	0.07	0.70	0.90	0.06
11132	3	1.00	0.85	0.70	0.20	0.50	0.90	0.15
11133	2	0.66	0.80	0.85	0.21	0.70	1.00	-0.05
11134	1	0.33	0.75	0.85	NA	0.85	0.85	-0.10
11141	1	0.33	0.85	0.60	NA	0.60	0.60	0.25
11143	1	0.33	0.75	0.80	NA	0.80	0.80	-0.05
11211	4	1.33	0.95	0.90	0.09	0.80	1.00	0.05
11212	4	1.33	0.90	0.78	0.16	0.60	0.95	0.13
11213	2	0.66	0.85	0.83	0.18	0.70	0.95	0.03
11214	1	0.33	0.80	0.65	NA	0.65	0.65	0.15
11222	5	1.66	0.85	0.72	0.04	0.70	0.80	0.13
11223	3	1.00	0.80	0.78	0.16	0.60	0.90	0.02
11231	3	1.00	0.85	0.68	0.16	0.50	0.80	0.17
11233	2	0.66	0.75	0.58	0.11	0.50	0.65	0.18
11311	1	0.33	0.90	0.80	NA	0.80	0.80	0.10
11433	1	0.33	0.65	0.85	NA	0.85	0.85	-0.20
12132	1	0.33	0.80	0.50	NA	0.50	0.50	0.30
12211	1	0.33	0.90	0.70	NA	0.70	0.70	0.20
21111	2	0.66	0.95	0.83	0.18	0.70	0.95	0.13
21112	2	0.66	0.90	0.88	0.18	0.75	1.00	0.03
21121	9	2.99	0.90	0.92	0.04	0.85	0.99	-0.02
21122	1	0.33	0.85	0.90	NA	0.90	0.90	-0.05
21123	1	0.33	0.80	0.85	NA	0.85	0.85	-0.05
21131	2	0.66	0.85	0.70	0.28	0.50	0.90	0.15
21132	2	0.66	0.80	0.75	0.21	0.60	0.90	0.05
21133	2	0.66	0.75	0.90	0.14	0.80	1.00	-0.15
21143	1	0.33	0.70	0.70	NA	0.70	0.70	0.00
21213	1	0.33	0.80	0.95	NA	0.95	0.95	-0.15
21221	2	0.66	0.85	0.90	0.00	0.90	0.90	-0.05
21232	4	1.33	0.75	0.76	0.14	0.55	0.85	-0.01

21234	1	0.33	0.65	0.80	NA	0.80	0.80	-0.15
21332	2	0.66	0.70	0.40	0.14	0.30	0.50	0.30
31113	1	0.33	0.80	0.70	NA	0.70	0.70	0.10
31114	1	0.33	0.75	0.65	NA	0.65	0.65	0.10
31121	1	0.33	0.85	0.70	NA	0.70	0.70	0.15
31131	4	1.33	0.80	0.71	0.06	0.65	0.80	0.09
31133	1	0.33	0.70	0.30	NA	0.30	0.30	0.40
31145	1	0.33	0.55	0.70	NA	0.70	0.70	-0.15
31211	2	0.66	0.85	0.65	0.21	0.50	0.80	0.20
31221	1	0.33	0.80	0.75	NA	0.75	0.75	0.05
31233	1	0.33	0.65	0.60	NA	0.60	0.60	0.05
31241	1	0.33	0.70	0.70	NA	0.70	0.70	0.00
31313	1	0.33	0.70	0.80	NA	0.80	0.80	-0.10
31331	1	0.33	0.70	0.70	NA	0.70	0.70	0.00
31332	1	0.33	0.65	0.95	NA	0.95	0.95	-0.30
31333	1	0.33	0.60	0.50	NA	0.50	0.50	0.10
41111	2	0.66	0.85	0.70	0.14	0.60	0.80	0.15
41133	1	0.33	0.65	0.80	NA	0.80	0.80	-0.15
41211	1	0.33	0.80	1.00	NA	1.00	1.00	-0.20
42352	1	0.33	0.45	0.63	NA	0.63	0.63	-0.18

SD: Desviación estándar

En términos generales, se notan las valoraciones por VAS por debajo de las teóricas, sin embargo a medida que empeora el estado de salud, las personas tienden a establecer una puntuación mayor a la que teóricamente le correspondería y la diferencia entre estos dos valores se hace negativa, como se muestra en la figura 14. Este tipo de comportamiento podría deberse a que una vez se llega a un estado de mala salud por problemas en alguna dimensión, las personas terminan acostumbrándose a estar a tal estado y valorándolo diferente a la valoración que realizarían si estuvieran en un estado de perfecta salud, a esta situación se refería Bernoulli cuando planteaba la diferencia teórica del punto de partida en la explicación de la utilidad marginal percibida por sujetos con puntos de inicio diferentes.

Figura 14. Comparación de valores por VAS vs Teórico

3.2. Estimación por VAS y cTTO: métodos tradicionales

La estimación por VAS se realiza por mínimos cuadrados ordinarios con variable dependiente $\left[1 - \left(\frac{VAS}{100}\right)\right]$, se generaron variables dummy para cada variable y cinco variables adicionales que dan cuenta del número de respuestas sin problemas, problemas leves, moderados, fuertes y graves en cada dimensión (Tabla 13).

Los modelos se estiman con errores estándar robustos para controlar por heterocedasticidad y no perder eficiencia en el estimador. Se examinó la significancia de las variables, el porcentaje de la varianza de Y explicada por X y el signo esperado de los coeficientes. En la tabla 17 se muestran los cuatro mejores modelos de acuerdo al comportamiento descrito, siendo el Modelo 4 el que presenta la máxima varianza explicada 29.8%, el error cuadrático medio más cercano a cero y el criterio de información de Akaike más bajo, es decir es el que presenta mejor ajuste entre la predicción y los datos reportados por VAS (en el Anexo E se presentan los comandos y modelos estimados).

Tabla 18. Modelos estimados por mínimos cuadrados ordinarios (OLS)

Variables Independientes	Modelo (1)	Modelo (2)	Modelo (3)	Modelo (4)
MO		-0.0262 (0.09)	-0.0346* (0.044)	
CP		-0.124 (0.176)	-0.193*** (0.000)	
AC		-0.0437 (0.052)	-0.0476 (0.081)	
DM		-0.0393*** (0.000)	-0.0485** (0.003)	
AD		-0.0298** (0.002)	-0.0423** (0.005)	-0.0126 (0.286)
I_5	0.0201 (0.626)		0.121*** (0.000)	0.214*** (0.001)
I_1	0.0557*** (0.000)		0.0398*** (0.000)	-0.0106 (0.554)
MO_1				0.0582 (0.058)
MO_2				-0.0724 (0.058)
CP_1				-0.174*** (0.000)
AC_3				0.156*** (0.000)
DM_2				-0.0692** (0.007)
DM_3				-0.0991 (0.052)
Constante	0.630*** (0.000)	1.165*** (0.000)	1.323*** (0.000)	0.721*** (0.000)
N	301	301	301	301
R2	0.211	0.249	0.266	0.298
R2 Ajustado	0.206	0.236	0.248	0.277
AIC	-418.6	-427.2	-430.1	-441.8
RMSE	0.12	0.118	0.117	0.115

RMSE: Error cuadrático medio, Siglas en inglés para Root Mean Square Error

Se presentan coeficientes, El p- valor en paréntesis

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Para comprobar que el modelo elegido no tuviera sesgo por variables omitidas se calcula la prueba de RAMSEY Reset y arroja un $\text{Prob} > F = 0.5436$, con este resultado no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que el modelo no necesita variables adicionales. También se comprueba el error de especificación con el p -valor asociado al estimador para la predicción del índice (hat), según los resultados (tabla 17) no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que el modelo no tiene errores de especificación $P > t = 0.641$.

Tabla 19. Prueba de especificación

Fuente	SS	df	MS
Modelo	1.628	2	0.814
Residuales	3.824	298	0.013
Total	5.452	300	0.018

N	301
F (2, 298)	63.43
Prob > F	0.000
R ²	0.2986
R ² ajustado	0.2939
RMSE	0.11328

VAS	Coef.	Error Estándar	t	P>t	[IC - 95%]
HAT	0.652	1.396	0.47	0.641	[-2.095987, 3.40028]
HATSQ	0.220	0.881	0.25	0.803	[-1.5143961, 0.954355]
Constante	0.136	0.549	0.25	0.805	[-0.9444081, 0.215813]

Como supuesto importante en un modelo de regresión múltiple un regresor no puede ser una función lineal del otro, cuando esto ocurre los errores estándar pueden estar inflados, por lo que se verifica que no exista multicolinealidad a través del factor de inflación de la varianza (VIF) si este factor $VIF > 10$ o $1/VIF < 0.10$ el modelo tendría problemas, según los resultados de la Tabla 18, no hay presencia de multicolinealidad.

Tabla 20. Prueba de multicolinealidad

Variable	VIF	1/VIF
I_1	3.28	0.305338
I_5	1.34	0.745662
MO_1	1.64	0.609152
MO_2	1.38	0.722992
CP_1	1.29	0.77328
AC	1.88	0.532208
DM_2	1.43	0.698251
DM_3	1.13	0.882826
AD_3	1.04	0.963617
Media VIF	1.6	

En cuanto a la normalidad de los residuales, la prueba W de Shapiro - Wilk arroja una $prob > z = 0.52$ y un $W = 0.93$, es decir se acepta la hipótesis nula de distribución normal, lo que se confirma con un valor W cercano a 1. En cuanto a la capacidad predictiva del modelo, se tiene una desviación estándar más pequeña en comparación con los datos de percepción individual y el valor más bajo asignado por la predicción supera al valor mínimo declarado.

Tabla 21. Valores declarados y predicción

Variable	Obs	Media	SD	Min	Max
VAS Real	301	0.844	0.135	0.3	1.00
Predicción	301	0.844	0.074	0.53	0.93
TEO	301	0.917	0.094	0.45	1.00

SD: Desviación estándar, siglās en inglés para Standard Deviation

En los escenarios de elección presentados en el bloque cuatro de la encuesta se encontró que a la hora de elegir entre el estado de perfecta salud (11111) Estado A –EA-, con una duración de 5 años seguidos de la muerte y el Estado B –EB- (12211) con una duración de 10 años seguidos de la muerte que describe una situación sin problemas para caminar, con problemas leves para el autocuidado y para las actividades cotidianas sin dolor/malestar y sin angustia/depresión, el 93% eligió la opción B, es decir prefirieron la extensión a la calidad de vida, los entrevistados en sus comentarios aseguraron que tener problemas leves en las dos dimensiones mencionadas no representa una reducción considerable en la calidad de vida, en este caso, consideraron cambiarse a EA si el tiempo de duración en ese estado se extendía por encima de los 9 años, en este caso los pasos en la iteración para obtener el punto de indiferencia fueron de 8 y 9 pasos. En este mismo escenario, 8 personas entre 29 y 75 años prefirieron la opción de calidad de vida (EA), todos coincidieron en cambiarse al estado B si el tiempo de permanencia en A se reducía a 4 años.

En el segundo escenario se compara el estado de perfecta salud (EA) con el 23123 (EB) que presentaba una duración de 4 años en esa condición, seguidos de 6 años de perfecta salud y luego la muerte, tal estado se caracterizaba por problemas moderados para el autocuidado y en la dimensión de angustia/depresión, problemas leves para caminar, sin problemas para realizar las actividades cotidianas y dolor/malestar leve. Aunque el Estado B presentaba un tiempo de perfecta salud superior al Estado A y un tiempo de supervivencia superior en 5 años, el 66% de los entrevistados eligió el Estado A, sobreestimando el

resultado certero o efecto certidumbre, comportamiento que violaría los supuestos de la teoría de la utilidad esperada. Sin embargo, la mayoría de las personas que elige EA argumenta que se imaginaban un estado por cuatro años en el que necesitarían ayuda para bañarse y vestirse, la indiferencia se presenta a una duración de tres años en perfecta salud. Las 101 personas que prefirieron EB sobre EA consideraron la posibilidad de cambiarse a EA si este tiene una duración superior a los 7 años.

Finalmente, en el escenario tres se compara el EA de perfecta salud con el EB (34454) con problemas moderados para caminar, problemas graves para bañarse y vestirse y realizar actividades cotidianas, con dolor severo y estar muy angustiado/deprimido, la duración EB fue de 10 años seguidos de la muerte. En este caso el 99% de los entrevistados eligió el EA, argumentaron que el tiempo de duración de EB es muy largo y que una condición con dolor severo es muy difícil de manejar por lo que estuvieron dispuestos a entregar entre 5 y 8 años de perfecta salud para evitar el EB. En este escenario, 3 personas eligieron el EB y argumentaron que preferían mayor tiempo de vida y que la medicina está avanzando tan rápido que seguramente, en el corto plazo, tendrían una solución al problema de dolor/malestar severo, finalmente estuvieron indiferentes entre el EA y EB si la duración en EB se reducía hasta 3 años.

Con este ejercicio de puntos de indiferencia en los tres escenarios descritos se calcula el índice por cTTO, aunque no se tuvo una variable tiempo variante, cada individuo define preferencias por cinco diferentes estados de salud según el tiempo de permanencia en cada uno (variable dependiente), esta característica permite trabajar la base de datos como un panel perfectamente balanceado, por lo que se prueban especificaciones por GLS con efectos fijos (FE) y aleatorios (RE), la variable que identifica el panel de observaciones por entrevistado fue el ID. En este procesamiento de datos se generan variables de interacción entre dimensiones y dummies para las opciones de respuesta en cada dimensión, las variables creadas para la estimación se muestran en la tabla 22.

Tabla 22. Variables para el cálculo del índice por cTTO

Variable	Definición
Constante	Intercepto
MO	Movilidad
CP	Cuidado Personal
AC	Actividades Cotidianas
DM	Dolor/Malestar

AD	Angustia/Depresión
M_1	Si movilidad está en el nivel 2, 0 en otro caso
M_2	Si movilidad está en el nivel 3, 0 en otro caso
M_4	Si movilidad está en el nivel 5, 0 en otro caso
CP_1	Si cuidado personal está en el nivel 2, 0 en otro caso
Cp_2	Si cuidado personal está en el nivel 3, 0 en otro caso
CP_3	Si cuidado personal está en el nivel 4, 0 en otro caso
CP_4	Si cuidado personal está en el nivel 5, 0 en otro caso
AC_1	Si actividades cotidianas está en el nivel 2, 0 en otro caso
AC_3	Si actividades cotidianas está en el nivel 4, 0 en otro caso
AC_4	Si actividades cotidianas está en el nivel 5, 0 en otro caso
DM_1	Si dolor/malestar está en el nivel 2, 0 en otro caso
DM_4	Si dolor/malestar está en el nivel 5, 0 en otro caso
AD_2	Si dolor/malestar está en el nivel 5, 0 en otro caso
AD_3	Si angustia/depresión está en el nivel 4, 0 en otro caso
AD_4	Si angustia/depresión está en el nivel 5, 0 en otro caso
MOCP	El producto MO y CP
MOAC	El producto MO y AC
MODM	El producto MO y DM
MOAD	El producto MO y AD
CPAC	El producto CP y AC
CPDM	El producto CP y DM
CPAD	El producto CP y AD
ACDM	El producto AC y DM
ACAD	El producto AC y AD
I_1	Si alguna dimensión está en el nivel 1
I_2	Si alguna dimensión está en el nivel 2
I_3	Si alguna dimensión está en el nivel 3
I_4	Si alguna dimensión está en el nivel 4
I_5	Si alguna dimensión está en el nivel 5
I_11	I_1 al cuadrado
I_22	I_2 al cuadrado
I_32	I_3 al cuadrado
I_42	I_4 al cuadrado
I_52	I_5 al cuadrado

Las variables se integraron por bloques a la estimación y cada regresión FE se compara con la regresión RE, se estima además una regresión lineal simple por mínimos cuadrados

agrupados (OLS) para verificar el efecto transversal significativo que muestra la intersección α y una pendiente de coeficientes constantes entre individuos, este modelo se compara con el RE, después de comparar las estimaciones para por lo menos 11 diferentes modelos se considera que el de mejor comportamiento en signos, significancia y consistencia se obtiene bajo la siguiente estructura:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 MO_2 + \beta_2 MO_4 + \beta_3 CP_1 + \beta_4 AC_1 + \beta_5 DM_1 + \beta_6 DM_4 + \beta_7 AD_2 + \beta_8 AD_3 + \beta_9 AD_4 + \beta_{10} I_22 + \beta_{11} I_32 + \varepsilon_{ij}$$

Los resultados de cada especificación, FE, RE y OLS, se muestran en la tabla 22, en el Anexo E se presentan los comandos y modelos estimados.

Tabla 23. Modelos estimados cTTO

Variables Independientes	Modelo FE	Modelo RE	Modelo OLS
MO_2	-0.195*** (0.000)	-0.164*** (0.000)	-0.162** -0.002
MO_4	-0.578*** (0.000)	-0.538*** (0.000)	-0.534*** (0.000)
CP_1	-0.0185 (0.391)	0.00142 (0.944)	0.00326 (0.9)
AC_1	-0.1081 (0.000)	-0.1063* (0.000)	-0.1061 (0.000)
DM_1	-0.111*** (0.000)	-0.114*** (0.000)	-0.114*** (0.000)
DM_4	-0.381*** (0.000)	-0.420*** (0.000)	-0.424*** (0.000)
AD_2	-0.0983*** (0.000)	-0.106*** (0.000)	-0.107*** (0.000)
AD_3	-0.186*** (0.000)	-0.181*** (0.000)	-0.181*** (0.000)
AD_4	-0.176** (0.002)	-0.160** (0.002)	-0.159* (0.014)
I_22	0.00184 (0.866)	0.00815 (0.421)	0.00873 (0.404)

I_32	0.00675 (0.535)	0.00125 (0.901)	0.000744 (0.955)
Constante	0.983*** (0.000)	0.986*** (0.000)	0.986*** (0.000)
N	1505	1505	1505
R ²	0.936	0.922	0.921
R ² ajustado			0.922
Prob > F =	0.0485		0.000
RMSE	0.107	0.107	0.108

Por los resultados presentados, específicamente en la $Prob > F$, se acepta el modelo FE, por lo que se puede rechazar la hipótesis del efecto sobre el resultado de las características de quien responde a la encuesta, en el caso del OLS y tomando el resultado también de $Prob > F$ con $p - valor = 0.000$, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que el modelo es altamente significativo. Ahora para elegir entre el RE y el OLS se realizan las pruebas de multiplicador de Lagrange (LM) para efectos aleatorios que arroja $p - valor$ ($Prob > chi2$) de 0.0360, por lo que se rechaza la hipótesis nula de $\sigma_\mu^2 = 0$ y se elige el RE sobre el OLS. Se realiza además la prueba de relación de probabilidad (LR) basada en la diferencia entre el modelo OLS y los valores de probabilidad del modelo RE, y la prueba de Wald con $p - valor$ ($Prob > chi2$) = 0.0000 indicando que el modelo RE es bueno. Al comparar el FE y el RE la prueba de Hausman muestra que debe aceptarse el modelo FE al arrojar un $p - valor$ ($Prob > Chi2$) inferior al 5% y se concluye que el modelo RE es ineficiente y no consistente (tabla 20). En el modelo FE $\sigma_\mu = 0.04808$; $\sigma_e = 0.10657$ y el $\rho = 0.1691$.

Tabla 24. Prueba de Hausman

Variables	FE	RE	Diferencia	S.E.
MO_2	-0.1948	-0.1644	-0.0304	0.0176
MO_4	-0.5778	-0.5378	-0.0400	0.0233
CP_1	-0.0185	0.0014	-0.0199	0.0077
AC_1	-0.0214	-0.0469	0.0255	0.0087
DM_1	-0.1108	-0.1141	0.0033	0.0055
DM_4	-0.3807	-0.4200	0.0393	0.0233
AD_2	-0.0983	-0.1061	0.0078	0.0057
AD_3	-0.1856	-0.1813	-0.0043	0.0062
AD_4	-0.1758	-0.1605	-0.0153	0.0214

I_22	0.0018	0.0081	-0.0063	0.0041
I_32	0.0067	0.0012	0.0055	0.0041

$$Chi2(12) = (b - B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b - B) = 23.58$$

$$Prob > chi2 = 0.0232$$

Según los resultados de las pruebas de especificación se elige el modelo FE para obtener los valores del índice de salud estimado por cTTO y la predicción lineal para los diferentes códigos, los coeficientes presentan signo negativo excepto para el intercepto y las variables de nivel al cuadrado. Las puntuaciones se explican mediante once variables independientes, la intercepción fue altamente significativa lo que sugiere que cualquier alejamiento de la perfecta salud se asocia con una pérdida sustancial de utilidad, la mayor disminución se presenta en el movimiento de niveles en la dimensión dolor/malestar. En términos generales los encuestados asocian una mayor pérdida de salud en la medida en que se incrementa el nivel de dolor, el movimiento correspondiente en las dimensiones de movilidad y angustia/depresión fue similar y el no tener problemas en cuidado personal y actividades cotidianas dominaron la ponderación. Las puntuaciones obtenidas, comparadas con el puntaje teórico presentaron un coeficiente de correlación del 0.49 y diferencias negativas en estados cercanos a perfecta salud y en el peor estado de salud posible (tabla 24).

Tabla 25. Códigos por escenarios y puntaje

Código	11111	12211	23123	34454	55555
Puntaje Teórico	1	0.90	0.70	0.25	0.00
Puntaje cTTO	0.98	0.95	0.69	0.24	0.028
Diferencia	0.02	-0.05	0.01	0.01	-0.028

3.3. Análisis de resultados por métodos híbridos propuestos

Estos resultados presentan la derivación de prioridades y jerarquías a partir de la comparación pareada de las dimensiones en términos de la importancia relativa de cada criterio en la determinación del estado de salud al momento de la encuesta. La implementación de los métodos se realiza utilizando los resultados del bloque 2 del instrumento de recolección de la información. En total cada individuo hace 10 juicios utilizando la escala de Saaty. La diferencia entre estos métodos reside en el procedimiento de priorización utilizado para la obtención del vector de prioridades, cada uno tiene ventajas

y desventajas por lo que el objetivo de la elección de alguno de ellos depende del objetivo del análisis. En este sentido, el esfuerzo por desarrollar y aplicar una nueva aproximación para el cálculo del índice de salud radica en capturar los valores intangibles en la valoración del estado de salud, acercarse a la percepción real del individuo, hacer el proceso de encuesta más sencillo y reducir el sesgo derivado del tiempo de permanencia en cada estado de salud utilizado en la obtención del punto de indiferencia por cTTO. A cada encuestado se construye la matriz 5X5 de comparación pareada y se prueba que cada valoración cumpliera con los supuestos exigidos por cada método, para luego hacer la agregación, lo que permite hacer análisis individuales, agregados y la posibilidad de predecir el valor asignado a la totalidad de códigos derivados de la EQ-5D-5L con información tomada de una muestra poblacional.

3.3.1. AHP – TOPSIS

Para la obtención del vector de prioridades se utiliza el método del vector propio, propuesta inicial que se basa en el hecho de que pequeñas perturbaciones de las proporciones perfectas $\frac{w_i}{w_j}$ para los elementos a_{ij} conduce a pequeñas perturbaciones en los valores propios de la matriz A, por lo tanto los valores propios encontrados se acercan a los que hubieran sido derivados de preferencias consistentes (Saaty, 2003). Así, el valor propio encontrado puede ser usado como el vector de prioridad deseado, este vector se basa en la solución de $Aw = \lambda_{max}w$ con $\lambda_{max} \geq n$, según Mikhailov (2000) cuando hay pequeñas desviaciones fluctuando alrededor de las valoraciones perfectas, $\lambda_{max} = n$, los resultados son apropiados, pero cuando la inconsistencia en las preferencias en el tomador de decisiones es grande, la solución por el método del vector propio no es satisfactoria.

En este sentido, para cada persona entrevistada se construye la matriz de comparación pareada $A = [a_{ij}]$, recíproca y simétrica de la que se deriva el vector propio w , previa normalización. Para cada una de las 301 personas se calcula el λ_{max} , la RC tomando un $CA = 1.12$ ya que el orden de la matriz fue de $n = 5$. En total, para 299 casos la $RC \leq 0.10$ y se concluye que la consistencia es perfecta o aceptable, en dos casos la $RC > 0.10$, $RC = 0.12$ y $RC = 0.14$ por lo que la desviación en relación a la consistencia perfecta $\lambda_{max} - n$ fue de 0.55 y de 0.60 respectivamente, en 16 entrevistas la consistencia de la matriz fue perfecta.

Tabla 26. Razón de consistencia

Variable	Observaciones	Mean	SD	Min	Max
λ_{max}	301	5.158	0.140	5	5.60
RC	301	0.035	0.031	0.00	0.14

De estos resultados se concluye que las perturbaciones son pequeñas y por lo tanto el valor propio obtenido se considera apropiado, así se sintetiza cada una de las jerarquías por individuo y se agregan prioridades individuales para obtener la preferencia del grupo. Para la agregación se utiliza la media geométrica y se asume que todas personas tienen el mismo peso dentro del grupo, obteniendo la siguiente matriz de comparaciones.

Tabla 27. Matriz de comparación pareada agregada

	MO	CP	AC	DM	AD
MO	1.0	1.5	1.2	1.2	1.6
CP	0.7	1.0	1.2	0.8	1.1
AC	0.8	0.9	1.0	1.0	1.3
DM	0.8	1.2	1.0	1.0	1.3
AD	0.6	0.9	0.8	0.8	1.0

De esta matriz se nota una preferencia del grupo por la dimensión de movilidad sobre las demás, de las actividades cotidianas sobre el cuidado personal, las actividades cotidianas sobre la angustia/depresión y el dolor/malestar sobre todas las dimensiones excepto movilidad, en este caso y tomando información de la matriz se podría decir que $MO > CP$ y $CP > AC$, ahora para verificar que se cumple el axioma de transitividad se debería cumplir que $MO > AC$, como se puede verificar en la tabla 26, esta conclusión es cierta y por lo tanto las preferencias son transitivas, esto significa que son consistentes y que el valor propio define las preferencias del grupo en cuanto al orden jerárquico las dimensiones de mayor importancia relativa en la valoración del estado de salud. Así, luego de normalizar la matriz descrita en la tabla 26, se obtiene el vector propio que identifica el siguiente orden jerárquico: movilidad, dolor/malestar, actividades cotidianas, cuidado personal y angustia/depresión.

Tabla 28. Valor propio y jerarquías

Criterios	MO	DM	AC	CP	AD
Pesos	0.251	0.207	0.194	0.187	0.159

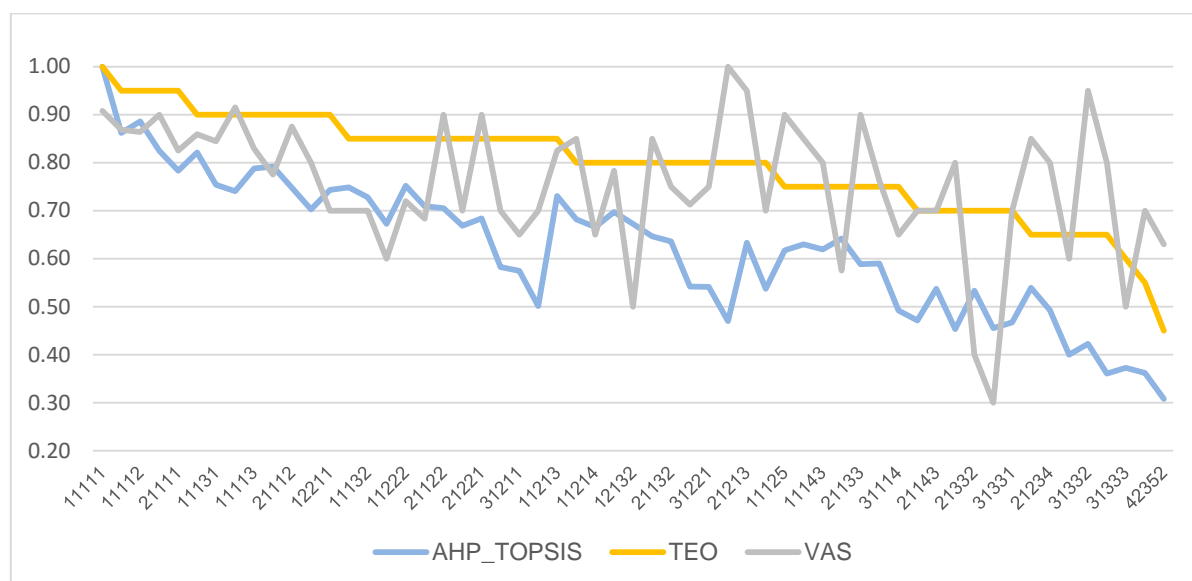
λ_{max}	IC	CA	RC
5.001	0.000	1.12	0.000

Este resultado del vector propio se utiliza como el peso de los criterios en una aproximación por TOPSIS, que a partir de las distancias euclidianas respecto a la solución ideal y anti-ideal permite obtener el valor, en una escala de 0 a 1, para cada estado de salud declarado. El estado de salud se define por cada persona al momento de la encuesta y se opera como un código de cinco dígitos, así la calificación a cada dimensión por cada uno de los 301 entrevistados se toma como la valoración dada a cada atributo, luego de su normalización se multiplica por el vector propio presentado en la tabla 27. Dado que el valor de 1 en cada dimensión representa la mejor condición posible, el valor mínimo del grupo se asume como la solución ideal, y el máximo como el anti-ideal, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 29. Escenarios de solución

Solución	MO	DM	AC	CP	AD
Ideal (v_{ij}^+)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Anti-ideal (v_{ij}^-)	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03

Con estos valores se calcula el puntaje para cada código de salud a partir de la obtención del score de desempeño para cada persona entrevistada. Al comparar los resultados con el valor teórico a cada código y el declarado por VAS por cada entrevistado se nota un mejor ajuste con el VAS a estados de salud cercanos a perfecta salud pero se aleja en estados severos, obteniendo por VAS valores muy superiores en dichos estados. Por este método AHP_TOPSIS el valor asignado al peor estado de salud fue de 0.31, 0.45 por aproximación teórica y 0.63 por VAS. La distancia respecto al valor teórico en todos los códigos fue superior pero coincidiendo en el valor otorgado a perfecta salud, debido a que el valor calculado para los códigos por AHP-TOPSIS siempre es inferior al teórico. En la figura 15 el valor por el método híbrido captura la variabilidad en la calificación a los estados de salud definidos por VAS, es decir los intangibles considerados en la valoración.

Figura 15. Valores por AHP_TOPSIS, Teórico y VAS

3.3.2. DAHP - TOPSIS

La metodología propuesta en el análisis AHP extendido por D números se utiliza para calcular en cada uno de los entrevistados las matrices A_i , R_i , R_i^p , R_p^T y R_i^T y obtener los puntajes para cada dimensión/criterio bajo niveles de credibilidad alta. Para 7 personas (2.3%) el nivel más bajo fue equivalente al nivel de credibilidad media es decir $|\lambda| = 5$, siendo este el orden de la matriz derivada. La media y la mediana resultaron ser iguales en un valor de 2.6, la desviación estándar de 1.33, el valor mínimo 0.16 y el máximo 5. El nivel más frecuente de credibilidad alta es de 1 en el 8% de los entrevistados. Los niveles de credibilidad alta por encima de la media presentan una edad media de 38 años y para los que tienen un $|\lambda| < 2.6$ es de 50 años, la desviación estándar en dos grupos fue de 21 años. Por sexo al nacer, estrato y rango de ingresos no se encontraron diferencias significativas en cuanto al nivel de credibilidad. En el caso del nivel educativo, aquellos con niveles inferiores al universitario se nota una mayor frecuencia de valores de credibilidad por arriba de la media y en niveles superiores al universitario una mayor frecuencia en valores inferiores a la media, estas diferencias fueron estadísticamente significativas con un p – valor = 0.001 por chi2.

La información de cada persona expresada en la matriz R_i^T , que se obtiene después de transformar cada matriz de juicios pareados en relaciones de preferencia difusos, se utiliza

para agregar la información calculando la asignación de probabilidad básica para extender el análisis por D-números. Así, cada relación de preferencia se multiplica por el porcentaje de encuestados que coinciden en tal valoración y la sumatoria de estos valores permite obtener el valor nítido para cada posición de la matriz R_c agregada, este cálculo se realiza utilizando la propiedad de integración por D-números, la matriz agregada se muestra en la tabla 30.

Tabla 30. Matriz nítida y agregada por D-números

	MOV	AUT	AC	DM	AD
MOV	0.50	0.60	0.55	0.55	0.60
AUT	0.40	0.50	0.54	0.48	0.55
AC	0.45	0.46	0.50	0.51	0.55
DM	0.45	0.52	0.49	0.50	0.56
AD	0.40	0.45	0.45	0.44	0.50

La obtención de los valores en cada posición de la matriz se obtuvo como se muestra para los casos de la posición D_{12} y D_{21} descritos en la tabla 31 para las dimensiones, movilidad-autocuidado y autocuidado-movilidad, en todos los casos la información fue completa es decir $\sum_{i=1}^n b_i v_i = 1$. Los valores para las demás posiciones de la matriz se presentan en el Anexo F.

Tabla 31. Valores nítidos matriz por D-números

MOV-AUT				AUT-MOV			
Grado de preferencia	n	%	VALOR	Grado de preferencia	n	%	VALOR
0.00	10	0.03	0.00	0.00	23	0.08	0.00
0.03	3	0.01	0.00	0.03	8	0.03	0.00
0.06	6	0.02	0.00	0.05	1	0.00	0.00
0.09	1	0.00	0.00	0.06	30	0.10	0.01
0.13	9	0.03	0.00	0.09	3	0.01	0.00
0.18	2	0.01	0.00	0.13	25	0.08	0.01
0.25	15	0.05	0.01	0.18	2	0.01	0.00
0.50	134	0.45	0.22	0.25	27	0.09	0.02
0.66	2	0.01	0.00	0.34	2	0.01	0.00
0.75	27	0.09	0.07	0.50	134	0.45	0.22
0.82	2	0.01	0.01	0.75	15	0.05	0.04
0.87	25	0.08	0.07	0.82	2	0.01	0.01
0.91	3	0.01	0.01	0.87	9	0.03	0.03
0.94	31	0.10	0.10	0.91	1	0.00	0.00

0.97	8	0.03	0.03	0.94	6	0.02	0.02
1.00	23	0.08	0.08	0.97	3	0.01	0.01
0.60				1.00	10	0.03	0.03
				0.40			

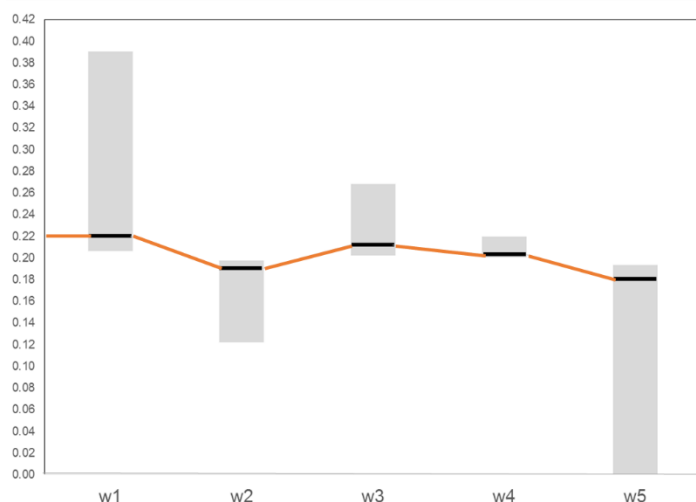
A la matriz nítida y agregada se le aplicaron las reglas presentadas en las ecuaciones 36 y 37 para construir la matriz de probabilidad de unos y ceros con el fin de encontrar el orden jerárquico y el vector de puntajes asociados a un nivel de credibilidad alto. Según los resultados, el orden de preferencias se estable como: movilidad, dolor/malestar, cuidado personal, actividades cotidianas y angustia/depresión (tabla 32).

Tabla 32. Matriz de probabilidades y orden jerárquico

Matriz R_p	MO	CP	AC	DM	AD	Suma	Matriz R_c^T	w_1	w_4	w_2	w_3	w_5
MO	0	1	1	1	1	4	w_1	0.50	0.55	0.60	0.55	0.60
CP	0	0	1	0	1	2	w_4	0.45	0.50	0.52	0.49	0.56
AC	0	0	0	1	1	1	w_2	0.40	0.48	0.50	0.54	0.55
DM	0	1	0	0	1	3	w_3	0.45	0.51	0.46	0.50	0.55
AD	0	0	0	0	0	0	w_5	0.40	0.44	0.45	0.45	0.50

$$MO = w_1, CP = w_2, AC = w_3, DM = w_4 \text{ y } AD = w_5$$

La derivación de pesos se calcula resolviendo el sistema de ecuaciones de la triangular superior de R_c^T . El nivel de credibilidad alta a nivel agregado es $|\underline{\lambda}|=0.41$, credibilidad media $\lambda = 5$ y credibilidad baja $|\bar{\lambda}| = 12.5$. Además se calcula el rango de puntajes para cada dimensión considerando los valores mínimo, medio y máximo de credibilidad como se muestra en la figura 16. El nivel de consistencia para la matriz $R_c^T = 0.45$, se obtiene como al sumatoria de los valores en la triangular inferior (4.47) sobre el número de juicios realizados (10 juicios), dado que este valor es inferior al orden de la matriz, se asume que el nivel de consistencia es adecuado.

Figura 16. Pesos de las dimensiones

Este resultado de pesos para las dimensiones por credibilidad alta se asume como el peso de los criterios para la aplicación de TOPSIS, el resultado para el puntaje de desempeño por distancia a la solución ideal y anti ideal se considera como el valor de utilidad asociado a cada código por estado de salud. La respuesta a cada dimensión por cada uno de los entrevistados se toma como la calificación para cada atributo, luego de su normalización el código se multiplica por el vector de pesos asociados a $|\underline{\lambda}| = 0.41$ (tabla 33). Dado que el valor de 1 en cada dimensión representa la mejor condición posible, el valor mínimo del grupo se asume como la solución ideal, y el máximo como la anti-ideal y se obtienen los siguientes resultados:

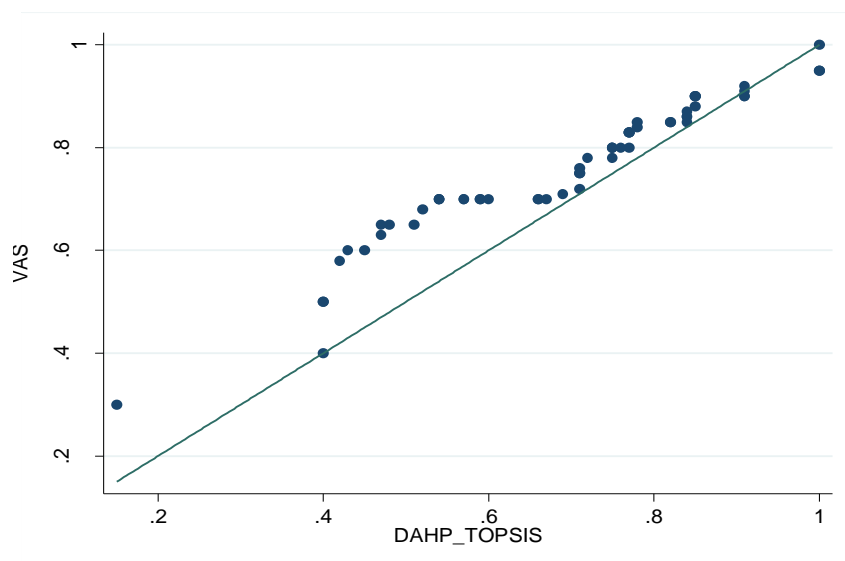
Tabla 33. Soluciones ideal y anti ideal

Solución	MO	DM	AC	CP	AD
Ideal	0.014	0.013	0.009	0.005	0.000
Anti_Ideal	0.056	0.026	0.037	0.026	0.000
$ \underline{\lambda} = 0.41$	0.390	0.270	0.220	0.120	0.000
$\lambda = 5$	0.220	0.210	0.200	0.190	0.180
$ \bar{\lambda} = 12.5$	0.210	0.200	0.200	0.200	0.190

Según estos resultados del puntaje para cada código comparado con la percepción de estado de salud por VAS, presenta que estados de salud cercanos a perfecta salud por DAHP_TOPSIS tienen valores mayores y en códigos con estados de salud deteriorados, los valores son inferiores a los determinados por VAS, en la figura 17, los valores derivados

DAHP-TOPSIS se muestran como una recta de 45° y los del VAS por los puntos, la distancia respresenta el ajuste a los valores, siendo menor en niveles de severidad media.

Figura 17. Comparación de puntajes por DAHP_TOPSIS y VAS



3.3.3. FAHP – TOPSIS

Como se menciona en 3.2.4, los componentes de la matriz de comparación pareada derivada del bloque 2 de la encuesta se transformaron en números difusos trapezoidales, este procedimiento se realizó para las 301 matrices construidas. En el proceso de agregación y obtención de números nítidos se sigue la propuesta de Yager (1981) de integrar la media de los conjuntos de niveles asociados con los subconjuntos difusos, y el procedimiento propuesto para ordenar subgrupos difusos de intervalos unitarios. Esta propuesta tiene aplicaciones importantes en la toma de decisiones multicriterio y multiobjetivo donde un problema común a todos estos usos de subconjuntos difusos de intervalo unitario, es la selección de alternativas de decisión basada en el ordenamiento de estos tipos de subconjuntos difusos y tomando el inverso recíproco en las posiciones impares por experto. Es decir, la base de datos se construye de acuerdo al número entero consecutivo ascendente con el que se marca la encuesta, lo que significa que a todos los expertos en posiciones impares entre 1 y 301 el número difuso asociado se transforma en su inverso recíproco según se muestra en la tabla 7. Así y por operaciones básicas de números difusos descritas en 2.2.3 se utiliza la siguiente ecuación para calcular el valor de cada posición en la matriz agregada difusa (tabla 34).

$$\tilde{r}_{ij} = (\tilde{a}_{ij1} \otimes \tilde{a}_{ij2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ij301})^{\frac{1}{301}}$$

Tabla 34. Matriz agregada difusa

	MO	CP	AC	DM	AD
MO	(1, 1, 1, 1)	(1.7, 1.1, 1.1, 1.1)	(1.3, 1, 1, 1)	(1.1, 0.9, 0.9, 0.9)	(1.6, 1.0, 1.0, 1.0)
CP	(0.6, 0.9, 0.9, 0.9)	(1, 1, 1, 1)	(1.2, 1, 1, 1)	(0.9, 1, 1, 1)	(1.2, 0.9, 0.9, 0.9)
AC	(0.8, 1, 1, 1)	(0.8, 1, 1, 1)	(1, 1, 1, 1)	(0.9, 0.9, 0.8, 0.8)	(1.2, 0.9, 0.9, 0.9)
DM	(1.1, 1.1, 1.1, 1.1)	(1.1, 1, 1, 1)	(1.1, 1.2, 1.2, 1.2)	(1, 1, 1, 1)	(1.3, 1, 1, 1)
AD	(0.6, 1, 1, 1)	(0.9, 1.1, 1.1, 1)	(0.9, 1.1, 1.1, 1.1)	(0.8, 1, 1, 1)	(1, 1, 1, 1)

Estos números difusos se convierten en número nítidos siguiendo los pasos descritos en el ejemplo presentado en 3.2.4, es decir integrando la media geométrica para α cortes superior e inferior, de tal procedimiento se deriva la matriz de números nítidos (tabla 35) de la cual se obtiene el vector propio utilizando el procedimiento descrito en el AHP simple.

Tabla 35. Matriz agregada de números nítidos y vector propio

	MO	CP	AC	DM	AD		Vector Propio
MO	1.00	1.39	1.15	1.01	1.28	→	MO 0.228
CP	0.76	1.00	1.11	0.92	1.02		CP 0.188
AC	0.89	0.91	1.00	0.87	1.05		AC 0.186
DM	1.00	1.09	1.15	1.00	1.16		DM 0.213
AD	0.82	0.96	0.96	0.88	1.00		AD 0.183

$\lambda_{\max} = 5.028$; IC = 0.007, CA = 1.2 y RC = 0.01

Dado que se puede concluir que la matriz es consistente, los puntajes obtenidos se utilizan para encontrar el puntaje para cada código de salud aplicando TOPSIS. En este modelo el orden jerárquico fue: movilidad, dolor/malestar, cuidado personal, actividades cotidianas y angustia/depresión.

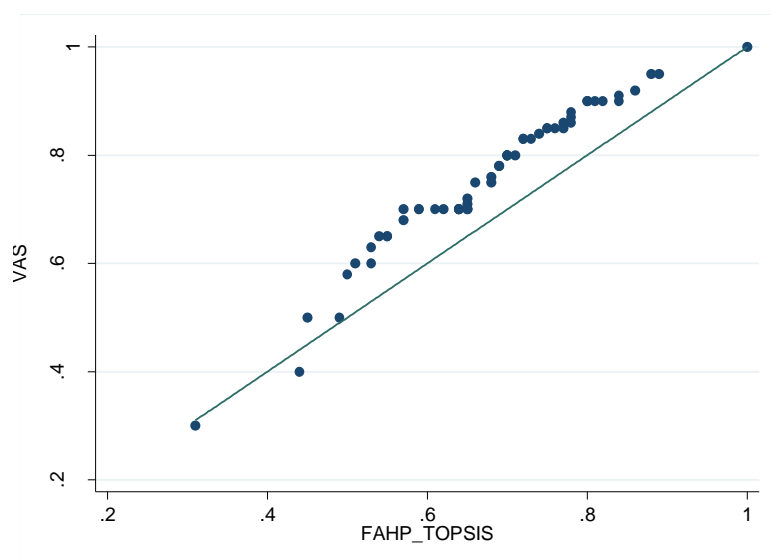
Para la aplicación de TOPSIS nuevamente se asumen que la calificación otorgada a cada criterio del estado de salud declarado como el valor otorgado a cada atributo, matriz que se normaliza siguiendo los pasos descritos en 3.2.5. Así cada valor se multiplica por el peso descrito en el vector propio de la tabla 35 y se obtiene la situación ideal y anti-ideal. Donde

el valor mínimo por dimensión del estado de salud representa la opción deseada y el máximo la peor condición de salud, con estos escenarios se calcula la distancia euclidiana al valor ideal y al anti-ideal para cada uno de los 301 entrevistados para luego calcular el puntaje de desempeño como $\frac{S^-}{S^-+S^+}$.

Ideal (S^+)	0.009	0.011	0.008	0.007	0.006
Anti-Ideal (S^-)	0.037	0.021	0.033	0.034	0.030

Al examinar el comportamiento de los valores por FAHP y los declarados por VAS al momento de la encuesta y asumiendo que FAHP es una recta de 45° como la de la figura 17, se evidencia una distancia más pequeña entre estos valores, en otras palabras este método presenta unos valores más cercanos a la situación real del individuo.

Figura 18. Comparación de puntajes por FAHP_TOPSIS y VAS



3.4. Análisis comparativo de resultados por diferentes métodos

Con el fin de hacer un análisis comparativo de los métodos utilizados para el cálculo del índice de salud se hacen varios ejercicios, el primero consiste en calcular el número de QALYs derivados de los estados de salud (EA y EB) que fueron comparados en los tres escenarios de la encuesta y utilizados en el método cTTO para obtener utilidades. En estos escenarios se considera la duración en años de cada estado y la utilidad o el valor/puntaje

generado por cada método estudiado. El número de QALYs se obtiene al multiplicar la duración del estado de salud por el nivel de utilidad/puntaje.

$$Qalys = (Años)(\mu_x)$$

x : es el valor asignado a un código de salud de cinco dígitos desde el 1111 hasta el 5555

Dado que el costo por QALYs es la variable de decisión en los análisis costo-efectividad en la evaluación de tecnologías sanitarias, en esta primera comparación se estudia cuál alternativa de intervención sería elegida según la metodología empleada. De los cuatro estados de salud valorados: 11111, 12211, 23123 y 34454, los dos primeros están incluidos en los 57 estados de salud obtenidos en el trabajo de campo, los dos últimos se calcularon directamente por el método cTTO e indirectamente aplicando las fórmulas para derivarlos por AHP-TOPSIS, DAHP-TOPSIS y FAHP_TOPSIS.

En la tabla 36 se presenta el código de cinco dígitos que identifica a cada estado de salud, así para el escenario 1, las alternativas comparadas son: el estado de perfecta salud con una duración de 5 años y un estado de salud caracterizado por no tener problemas para caminar, con problemas leves para el cuidado personal y para las actividades cotidianas, sin dolor/malestar y sin angustia/depresión (12211) con una duración de 10 años. En este escenario y bajo el cTTO la A1 genera 4.9 QALYs (años de vida ajustados por calidad) y la A2 = 9.5, en este caso y sin considerar los costos que implicaría desarrollar un programa/tratamiento/servicio/intervención que genere este estado de salud, la alternativa a elegir sería la A2 al permitir ganar la mayor cantidad de QALYs. Haciendo este mismo análisis de QALYs ganados en el mismo escenario pero bajo los métodos propuestos, se encuentra que la alternativa a elegir sigue siendo la A2, con un número de QALYs ganados menor en comparación a los derivados por cTTO.

En el escenario 2, la A1 presenta un escenario de perfecta salud y la A2 plantea un estado de salud 21323 con una duración de 4 años seguidos de 6 años de perfecta salud, así que el valor total de QALYs ganados se obtiene sumando el valor del estado 21323 por cuatro años más lo ganado en seis años de perfecta salud. En este caso y bajo cualquier método utilizado para obtener la utilidad o el peso del código, la alternativa que genera más QALYs es la A2. En este caso la diferencia en el número de QALYs al comparar los diferentes métodos es más pequeña.

Tabla 36. Comparación de QALYS derivados por escenarios

Escenario	Estados Comparados	Estado de salud	Duración en años	cTTO		AHP_TOPSIS		DAHP_TOPSIS		FAHP_TOPSIS	
				Utilidad	QALYs	Pesos	QALYs	Pesos	QALYs	Pesos	QALYs
1	A1	11111	5	0.98	4.9	1	5	1	5	1	5
	A2	12211	10	0.95	9.5	0.74	7.4	0.76	7.6	0.78	7.8
2	A1	11111	5	0.98	4.9	1	5	1	5	1	5
		23123	4	0.69	2.76	0.52	2.08	0.60	2.38	0.6	2.40
	A2	11111	6	0.98	5.88	1	6	1	6	1	6
	Total A2			(2.76 +5.88) = 8.64		(2.08 +6) = 8.08		(2.38++6) = 8.38		(2.4 +6) = 8.4	
3	A1	11111	5	0.98	4.9	1	5	1	5	1	5
	A2	34454	10	0.24	2.4	0.35	3.5	0.33	3.33	0.3	3

Finalmente en el escenario tres, la alternativa que genera mayor número de QALYs es la A1 bajo todos los métodos comparados. En términos generales los métodos híbridos en comparación con cTTO y para estados de salud extremos, es decir cercanos al mejor o peor estado, presentan valores superiores, en los estados promedio o moderados el ajuste es mayor.

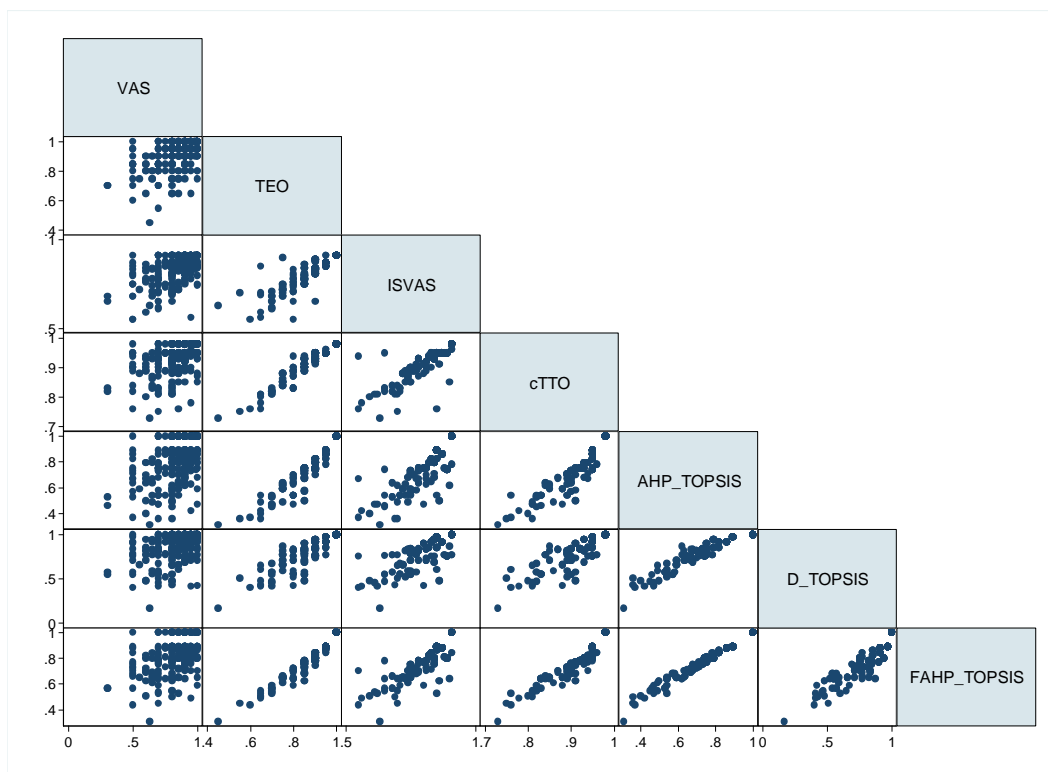
En el segundo ejercicio de comparación se construye un gráfico de dispersión que muestra la correlación entre las variables según el peso derivado para cada estado de salud declarado por las 301 personas entrevistadas. Los métodos comparados se listan a continuación.

VAS:	Escala visual análoga
TEO:	Índice teórico
ISVAS:	Índice de salud calculado por OLS que considera el valor VAS declarado
cTTO:	Utilidades derivadas del intercambio temporal compuesto
AHP-TOPSIS:	Método híbrido simple
DAHP-TOPSIS:	Método híbrido extendido por D-números
FAHP-TOPSIS:	Método híbrido utilizando lógica difusa.

En la figura 19 se evidencia un mejor ajuste de los pesos calculados por FAHP-TOPSIS con TEO, ISVAS y cTTO, podría decirse entonces que es posible que el FAHP incorpore la incertidumbre derivada de juicios en temas sociales y calificados con variables lingüísticas, además permite incorporar en las evaluaciones los valores intangibles e inherentes de

quien toma decisiones, este ajuste se mantiene al hacer el análisis por grupos de edad, sexo al nacer y nivel educativo.

Figura 19. Análisis de correlación entre métodos



Sin embargo, los resultados de la valoración por VAS no parecen tener comportamientos que puedan explicarse por los otros métodos, por lo que se calcula el coeficiente de correlación pareada a un nivel de significancia del 5%, este índice permite medir el grado de relación de estas variables cuantitativas y continuas. Los resultados evidencian la menor correlación de los métodos con el VAS, siendo el coeficiente más alto de 0.4976, positivo y significativo con FAHP-TOPSIS. En las demás comparaciones el FAHP-TOPSIS, también obtuvo el coeficiente más cercano a 1, significativo y positivo alcanzando un 0.95 con cTTO. Los datos de cada índice por entrevistado, se muestran en el Anexo G.

Tabla 37. Coeficientes de correlación entre los métodos

	VAS	TEO	cTTO	AHP_TOPSIS	DAHP_TOPSIS	FAHP_TOPSIS
VAS	1					
TEO	0.4910*	1				
cTTO	0.4856*	0.9675*	1			
AHP_TOPSIS	0.4881*	0.9538*	0.9301*	1		
DAHP_TOPSIS	0.4373*	0.8631*	0.8410*	0.9234*	1	
FAHP_TOPSIS	0.4976*	0.9715*	0.9512*	0.9928*	0.8928*	1

En el tercer ejercicio de comparación se toman los pesos y jerarquías para las dimensiones de salud calculados por cada método, encontrando que todos generan el mismo resultado en términos del orden, es decir en esta muestra a la hora de determinar el estado de salud la dimensión más importante es la movilidad, seguida del dolor/malestar, las actividades cotidianas, el cuidado personal y finalmente angustia/depresión. En el FAHP-TOPSIS las dimensiones AC y CP obtienen el mismo puntaje y se ubican en la misma jerarquía, es decir se preserva la utilidad ordinal en todos los métodos.

Tabla 38. Pesos y orden jerárquico

Dimensiones	cTTO	AHP-TOPSIS	DAHP-TOPSIS	FAHP-TOPSIS
MO	0.073	0.251	0.39	0.228
DM	0.051	0.207	0.27	0.213
AC	0.027	0.194	0.22	0.186
CP	0.016	0.187	0.12	0.188
AD	0.060	0.159	0.00	0.183

Nota: Los valores en cTTO se tomaron en valor absoluto

Finalmente para determinar cuál de los tres métodos de priorización propuesto es el adecuado, se utiliza el criterio de distancia euclidiana (E) respecto a los componentes de la matriz de ponderación agregada y el vector de priorización calculado obtenido por cada método (AHP, DAHP y FAHP) según fue propuesto por Mikhailov (2000, pp. 346), es decir el que permite tener la distancia mínima respecto a la consistencia perfecta.

$$E = \left[\sum_i \sum_j \left(a_{ij} - \frac{w_i}{w_j} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Tabla 39. Comparación de métodos de priorización

Dimensiones		Métodos Híbridos		
		AHP	DAHP	FAHP
MO	w_1	0.251	0.390	0.228
CP	w_2	0.207	0.268	0.213
AC	w_3	0.194	0.220	0.186
DM	w_4	0.187	0.122	0.188
AD	w_5	0.159	0.000	0.183
<i>MO/CP</i>	w_1/w_2	1.213	1.444	1.070
<i>MO/AC</i>	w_1/w_3	1.294	1.773	1.226
<i>MO/DM</i>	w_1/w_4	1.342	3.250	1.213
<i>MO/AD</i>	w_1/w_5	1.579		1.246
<i>CP/AC</i>	w_2/w_3	1.067	1.227	1.145
<i>CP/DM</i>	w_2/w_4	1.107	2.250	1.133
<i>CP/AD</i>	w_2/w_5	1.302		1.164
<i>AC/DM</i>	w_3/w_4	1.037	1.833	0.989
<i>AC/AD</i>	w_3/w_5	1.220		1.016
<i>DM/AD</i>	w_4/w_5	1.176		1.027
Distancia Euclidiana (E)		0.54	4.057	0.50

Según los resultados de esta comparación, el FAHP es el método híbrido que presenta la menor distancia, por lo que se concluye que es la mejor aproximación, entre las consideradas, a las preferencias ordinales.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Esta tesis se enmarca en la evaluación de programas, tratamientos, intervenciones y medicamentos en salud en la que se estructura y propone una metodología que utiliza el AHP, DAHP, FAHP combinados con TOPSIS, y hace levantamiento de información en campo como ejercicio de aplicación para tomar las ponderaciones obtenidas de la EQ-5D-5L como elementos de entrada, para luego mostrar la aplicabilidad y rendimiento de la metodología al compararse con los métodos de intercambio temporal y escala visual análoga.

La revisión sistemática, a nivel teórico y metodológico, permitió identificar que los métodos de análisis multicriterio han sido comúnmente utilizados en el área de la evaluación de tecnologías sanitarias para el establecimiento de índices de salud o para obtener medidas de resultado basados en la derivación de utilidades en el marco de la utilidad esperada a nivel de población general, pero cuyos resultados se usan para tomar decisiones de intervención en población enferma. Estas aproximaciones no han considerado en su cuantificación variables de comportamiento y experiencia en el proceso de salud y enfermedad que pueden sesgar los resultados en términos de la elección de alternativas y asignación de pesos a los criterios, los cuales tradicionalmente se asumen independientes.

Se nota además desde el año 1996 que la investigación se ha concentrado en tres áreas, en la primera se tienen las investigaciones que buscan profundizar en las particularidades de los individuos afectados por un problema de salud específico, la segunda se enfoca en refinar los métodos econométricos de estimación pasando de mínimos cuadrados generalizados a modelos de elección discreta censurados con propuestas de métodos híbridos, que combinan alguno de los mencionados, con experimentos de elección y la tercera, busca mejorar la técnica de intercambio temporal propuesta desde 1970, evaluando el efecto del tiempo de duración en cada estado de salud a la hora de determinar niveles de utilidad para estados considerados peores que la muerte.

Del ejercicio empírico se identifica que el método tradicional por GLS con efectos fijos por cTTO utilizado en el cálculo de utilidades y preferencias sociales no recoge la variabilidad en las percepciones individuales y se ajusta más bien al valor teórico, en este caso, debería comprobarse cuál es el valor agregado de hacer un ejercicio complejo en campo por

escenarios si el resultado puede ajustarse a un valor estándar que bien podría equilibrarse con un factor de contexto, hipótesis debería probarse en otros estudios. Además no permite explicar si la utilidad generada obedece a una utilidad esperada o experimentada, no captura las diferencias entre el estado de salud percibido por individuos que obtienen el mismo código de salud por el método de encuesta, carece de capacidad predictiva en pacientes con niveles de estado de salud extremos y genera riesgos en la toma de decisiones para la asignación de recursos escasos. En el análisis de las diferencias entre la valoración por percepción VAS y los pesos derivados por los diferentes métodos se evidencia una tendencia a sobre valorar estados con problemas de salud y sub valorar estados cercanos al mejor posible, este tipo de comportamiento podría deberse a que una vez se llega a un estado de mala salud por problemas en alguna dimensión, las personas terminan acostumbrándose a estar a tal estado y valorándolo de forma diferente a la valoración que realizarían si estuvieran en un estado de perfecta salud, esta diferencia teórica apunta a que el punto partida en la explicación de la utilidad marginal percibida por sujetos con puntos de inicio diferentes requiere implementar métodos refinados en contextos territoriales, a fin de no asumir valoraciones derivadas por otros individuos o en otros países. Además, la estimación por GLS tiene problemas de especificación, siendo los dos más importantes: el no contar con una variable de cambio temporal en el panel y no considerar la censura presente en la variable dependiente.

En este sentido, estudios como en el de Gerlinger et al en 2019 evalúa los valores de índice de salud obtenidos por EQ-5D-3L en 16 países encontrando diferencias significativas en los valores obtenidos para los 3125 posibles estados en términos de los cambios entre un estado de salud a otro y en la dirección del cambio, a lo que sugieren usar conjuntos de valores específicos de cada país para evaluar los efectos del tratamiento y no adaptar resultados de otros contextos, sugiriendo que deben hacer análisis específicos y no generalizar los resultados obtenidos, por medio de encuesta, de población general a poblaciones en situaciones de salud específicas.

En esta misma línea el estudio realizado por Devlin y Lorgelly en (2017) sugiere que el cálculo de QALYs como medida de resultado común en pacientes con cáncer requiere de estimaciones periódicas debido a que un valor estático no recoge los efectos secundarios del tratamiento que pudieran reducir el índice de salud calculado en el corto plazo, ni la expectativa de mejora en el largo plazo por el efecto del tratamiento. Sugieren además que deben tenerse en cuenta preguntas sobre preferencias relacionadas con la forma en la que

se entrega el servicio de salud al paciente, concluyendo que no es posible trasladar información de población general a personas enfermas de cáncer. Por su parte, Pinto *et al* en 2019 sugieren que el supuesto de linealidad estándar para el cálculo de QALYs no refleja adecuadamente las preferencias de las personas sobre los resultados de estados de salud al pasar de análisis generales a individuales sin considerar las especificidades de tal individualidad.

Esta evidencia sugiere que el análisis debe partir del análisis individual para luego agrupar por características particulares a ciertos tipos poblacionales, así se tendría información por grupos que bien podrían apuntar a temas de eficiencia en la asignación de recursos y de equidad, donde todas las personas deben ser tratadas de la misma manera para llegar a agregados simples (Sen, 2002). Se evidencia además la importancia de mejorar los protocolos y encuestas internacionales de modo que permitan vincular contextos territoriales a fin de disminuir el sesgo cognitivo asociado a problemas sociales como la valoración de estados de salud afectados, entre otros, por el sistema de salud dominante.

A pesar de los avances en las técnicas empleadas para medir preferencias desde el marco de la utilidad esperada, no se han asumido enfoques teóricos como el de utilidad experimentada ni el adelanto en los métodos MCDM. Esto facilitaría incorporar al análisis la experiencia, el aprendizaje previo y la adaptación como factores cruciales en la toma de decisiones y su efecto en la jerarquización de las dimensiones de salud, ni en cómo estos aspectos definirían el cambio en torno a ganancias y pérdidas derivadas de intervenciones o programas que obtengan el mismo resultado final en términos de utilidades, tampoco se ha propuesto un método diferente al intercambio temporal compuesto para obtener preferencias. Por el contrario, los estudios se han concentrado en refinar el método tradicional y corregir los posibles errores en el proceso de encuesta, implementando modelos econométricos robustos para su cálculo pasando de la estimación por mínimos cuadrados generalizados a modelos con variable dependiente censurada (TOBIT). Así una metodología que permita capturar la percepción de los individuos a través de preferencias, en cuanto a su estado de salud actual, generará indicadores y medidas de resultado coherentes con sus características y el proceso de toma de decisiones.

En este sentido, la metodología propuesta tiene la ventaja de calcular para cada persona evaluada el puntaje asociado a cada dimensión, por lo que se tienen valoraciones y QALYs ganados a nivel individual y para cada estado de salud declarado, por lo que el resultado no es el resultado de la valoración media muestral. En la comparación de los métodos

propuestos se incluye el resultado derivado por cTTO ya que es el modelo más utilizado en las mediciones y donde los argumentos a favor de su uso son de índole teórica y no metodológica, se enfocan en la capacidad de obtención de preferencias, niveles de utilidad ordinal y su capacidad predictiva, características también presentes en los modelos propuestos con la ventaja de estos últimos de considerar la valoración en términos de juicios lingüísticos como los que usa la EQ-5D-5L en la calificación de dimensiones de salud.

Con estos métodos además, se elimina el sesgo que impone la duración temporal en estados de salud BTD y WDT y tienen la capacidad de preservar las preferencias ordinales, que se expresan implícitamente por los elementos de la matriz de comparación. Además, la matriz de comparación agregada en los tres métodos fue consistente y por tanto se concluye que todos los métodos de priorización probados preservan el rango de forma fuerte, esto es $a_{ik} \geq a_{jk} \forall k$ por lo que $w_i \geq w_j$. Dado que la evaluación del estado de salud se hace en términos de variables lingüísticas el proceso por FAHP y TOPSIS resultó ser el más realista y confiable. Así, estos métodos tienen algunas propiedades atractivas, como el índice de consistencia, la simplicidad del algoritmo de cálculo, la conservación de rango y la precisión, y se pueden utilizar como alternativa a los métodos de priorización conocidos, además se pueden modificar y aplicar a toma de decisiones grupales y permiten clasificar el nivel de salud en términos de preferencias y dimensiones.

A nivel nacional, aunque se ha avanzado en la evaluación de tecnología sanitaria, los QALYs que definen la elección de procedimientos, medicamentos e intervenciones a incorporarse en el POS se presumen costo efectivos, pero considerando medidas de efectividad válidas para población Latina en Estados Unidos cuando adaptar valoraciones de otros países genera sesgos importantes, donde los contextos y sistemas de salud imponen diferencias significativas, no solo en los determinantes sociales de la salud sino en la valoración que se pueda hacer de estados de salud severos.

Los métodos ayudarían en términos de la gestión individual del riesgo para el monitoreo y seguimiento de los resultados en salud y bienestar, permitiendo articular la percepción de los individuos con la valoración que un profesional haga su estado de salud, además podrían establecerse diferentes dimensiones de salud y no necesariamente las propuestas y evaluadas en cuestionarios como el EQ-5D lo que redundaría en mejoras en los resultados en el índice de salud por grupos poblacionales.

En este sentido, esta propuesta y ejercicio incorpora avances en los métodos de análisis multicriterio para la derivación de medidas de resultado, se prueba que existen métodos

simples de operar en campo, con algoritmos matemáticos poco complejos que producen resultados consistentes y se ajustan de forma adecuada a las utilidades que se pudieran obtener por los métodos tradicionales, no requieren procesos largos y costosos de entrenamiento a los encuestadores y pueden aplicarse a poblaciones específicas e intervenidas por diferentes programas de salud y en contextos culturales y de sistemas de salud diferentes e incorporar elementos relacionados con preferencias por atención y entrega de servicios a poblaciones específicas, en este sentido el DAHP ofrece ventajas sobre la incorporación de incertidumbre en el cálculo del vector de prioridades y la posibilidad de capturar dicho sesgo en las valoraciones a través de los niveles de credibilidad individual, pero es necesario avanzar en la vinculación de este indicador en la toma de decisiones.

4.2. Recomendaciones

En esta tesis se proponen y aplican diferentes metodologías que pueden ayudar a corregir las deficiencias de los métodos tradicionales utilizados en la estimación del índice de salud, pero se requiere la validación y ampliación del enfoque, replicándolo en otras investigaciones y explorando cómo incorporar la incertidumbre e imprecisión en el proceso de toma de decisiones por personas con diferentes características y explorar el mecanismo adecuado para la valoración de estados de salud extremos.

La revisión de la literatura permitió evidenciar la necesidad de profundizar en temas bajo el paradigma de la teoría de la prospectiva, heurísticas, racionalidad limitada y utilidad experimentada e implementar métodos refinados en contextos territoriales, a fin de no asumir valoraciones derivadas en otros países y enriquecer el análisis a partir de construcciones teóricas que den robustez al índice de salud desde la epidemiología, la salud pública, las políticas sanitarias y los sistemas de salud. Aunque el análisis central de la tesis se enmarca en las organizaciones y en el cómo estas deben apoyarse en métricas que permitan la toma de decisiones informadas, proponer un método híbrido y mixto para calcular un índice de salud de fácil aplicación en cualquier contexto, permitirá pasar de un análisis de eficiencia a la asignación de recursos a uno basado en la distribución, independiente de las características sociales de la población estudiada.

Dado que en Colombia no se cuenta con mecanismos, vía encuesta, que utilicen la metodología del cTTO para el levantamiento de utilidades, aplicar métodos simples en estructura y algoritmos matemáticos podría generar impactos importantes en la asignación de los recursos escasos en el sector salud y avanzar en estudios que comparen la percepción de los pacientes con el diagnóstico médico e historias clínicas.

4.3. Fortalezas y limitaciones

La metodología propuesta tiene la ventaja de poder ser aplicada a cualquier tipo de población e incluir en ella la valoración cualitativa por estados de salud y aun así arrojar medidas de utilidad que pudieran tener en cuenta las preferencias de los pacientes con respecto al "proceso de atención" y entrega de servicios de salud, diferenciando tratamientos centralizados de los descentralizados en la atención y valoración de estados de salud extremos y proveen al investigador de estrategias rigurosas que permiten ir de lo individual a lo poblacional sin pasar por una suma ponderada agregada que oculta el comportamiento a nivel individual, además puede utilizarse con encuestas genéricas a nivel internacional o puede adecuarse a cuestionarios específicos en términos de intervenciones, contextos territoriales o de servicios de salud.

Sin embargo, los resultados que se presentan en este trabajo no pueden replicarse a otro tipo de poblaciones debido a que el estudio de caso se utilizó para hacer una prueba metodológica y no para obtener resultados robustos sobre intervenciones o tratamientos específicos, se utilizan para probar que existen alternativas al TTO para el levantamiento de preferencias susceptibles de ser aplicadas en otros estudios. Además, pasar de preferencias individuales a poblacionales es un tema complejo que requiere ser refinado tanto en la economía como en otras áreas ya que las preferencias son una propuesta teórica que llega desde la economía bajo el modelo de competencia perfecta para explicar la conducta de los individuos cuando se enfrentan al problema de elegir entre un conjunto de objetos, dicha elección permite establecer relaciones de preferencia y generar niveles máximos de utilidad, ordinal, a partir de su elección previo cumplimiento de los axiomas de las preferencias. A través del teorema de imposibilidad de Arrow (1951) se demostró que estas preferencias individuales son diversas y entran en conflicto por lo que no existe un vínculo lógico entre la elección individual y la colectiva, por lo tanto la suma de preferencias individuales no se traduce en preferencias poblacionales. Pese a esta limitante los estudios sobre índice de salud hacen la agregación individual en tiempo discreto y continuo para

aproximarse a decisiones poblacionales. Esta es una de las críticas de las que parte esta tesis y como alternativa para obtener preferencias poblacionales a partir de preferencias individuales se relajan dos supuestos del modelo de competencia como lo son la racionalidad e información perfecta, en el primero se propone una metodológica que adopta la postura de utilidad experimentada donde el contexto individual es el que guía las decisiones y en el segundo se asumen situaciones de elección en presencia de información imperfecta, en las cuales los individuos pueden ser no decisivos entre dos alternativas modelando el tema incertidumbre e imprecisión intrínseco al acto de elegir mediante el uso de los D-números y la lógica difusa. Además aspectos como la densidad de la población, el nivel de organización social, el acceso a servicios de salud, los estilos de vida, el nivel educativo, las condiciones laborales y la formación de capital social definen contextos territoriales, sociales y económicos específicos en los cuales las personas toman decisiones.

En este sentido, los resultados encontrados en este trabajo en términos del valor del índice de salud y medidas de utilidad, no pueden extenderse a niveles relacionados con la salud de la población colombiana, pero la metodología propuesta si puede ser replicada en otros espacios.

Finalmente, como limitación a nivel de fundamentación conceptual se aclara que no se abordan enfoques relacionados con la epidemiología, salud pública, políticas sanitarias o sistemas de salud enfoques que seguramente enriquecerán el área de estudio en la que se desarrolla en esta tesis y las cuales podría generarse una transferencia de conocimiento útil a la toma de decisiones.

5. REFERENCIAS

1. Arellano, M. (1993). On the testing of correlated effects with panel data. *Journal of econometrics*, 59(1-2), 87-97.
2. Arrow, K. J. (1950). A difficulty in the concept of social welfare. *Journal of Political Economy*, 58(4):328-346.
3. Atehortúa, S., Ceballos, M., Gaviria, C. F., & Mejía, A. (2013). Evaluación de la calidad metodológica de la literatura en evaluación económica en salud en Colombia: una revisión sistemática. *Biomédica*, 33(4).
4. Attema, A. E., Krol, M., van Exel, J., & Brouwer, W. B. (2018). New findings from the time trade-off for income approach to elicit willingness to pay for a quality adjusted life year. *The European Journal of Health Economics*, 19(2), 277-291.

5. Attema, A. E., Versteegh, M. M., Oppe, M., Brouwer, W. B., & Stolk, E. A. (2013). Lead time TTO: leading to better health state valuations?. *Health economics*, 22(4), 376-392.
6. Attema, A., Brouwer, W., & l'Haridon, O. (2013). Prospect theory in the health domain: a quantitative assessment. Erasmus University Rotterdam.
7. Azar, F., (2000). Multiattribute Decision-Making: Use of Three Scoring Methods to Compare the Performance of Imaging Techniques for Breast Cancer Detection. University of Pennsylvania. Technical Report.
8. Badia, X., Roset, M., Herdman, M., & Kind, P. (2001). A comparison of United Kingdom and Spanish general population time trade-off values for EQ-5D health states. *Medical Decision Making*, 21(1), 7-16.
9. Bailey, H., & Kind, P. (2010). Preliminary findings of an investigation into the relationship between national culture and EQ-5D value sets. *Quality of Life Research*, 19(8), 1145-1154.
10. Baltussen, R., Stolk, E., Chisholm, D. et al., (2006). Towards a multicriteria approach for priority setting: an application to Ghana, *Health Econ.* (15) (2006) 689–696.
11. Barceló, R. A. V., & España, J. L. N. (2018). Estado de salud de los colombianos: una aplicación del eq-5d-3l. *Archivos de Medicina (Col)*, 18(1), 134-145.
12. Bekker-Grob, E. W., Ryan, M., & Gerard, K. (2012). Discrete choice experiments in health economics: a review of the literature. *Health economics*, 21(2), 145-172.
13. Bellman, R. E., & Zadeh, L. A. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management science*, 17(4), B-141.
14. Belton, V., Stewart, T.J. Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach, Academic Publishers, Kluwer, Boston, 2002.
15. Bernoulli D., (1954). Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk. *Econometrica*, Vol. 22, No. 1, pp. 23-36.
16. Bleichrodt and Filko. (2008). New and Robust Tests of QALYs when Health Varies over Time.
17. Bleichrodt, H., Van Rijn, J., & Johannesson, M. (1999). Probability Weighting and Utility Curvature in QALY-Based Decision Making. *Journal of Mathematical Psychology* 43(2), pp. 238-260.
18. Bleichrodt, H. (1995). QALYs and HYE: Under what conditions are they equivalent? *Journal of Health Economics*, 14(1), pp. 17-37.
19. Bleichrodt, H., Johannesson, M. (1997). The validity of QALYs: An experimental test of constant proportional tradeoff and utility independence. *Medical Decision Making*, 17(1), pp. 21-32.
20. Bleichrodt, H., Wakker, P. P., & Johannesson, M. (1997). Characterizing QALYs by risk neutrality. *Journal of Risk and Uncertainty*, 15, pp. 107-114.
21. Bleichrodt, H., & Quiggin, J. (1997). Characterizing QALYs under a general rank dependent utility model. *Journal of Risk and Uncertainty*, 15, pp. 151-165.
22. Boender, C. G. E., De Graan, J. G., & Lootsma, F. A. (1989). Multi-criteria decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy sets and Systems*, 29(2), 133-143.
23. Brazier, J., Ara, R., Rowen, D., & Chevrou-Severac, H. (2017). A review of generic preference-based measures for use in cost-effectiveness models. *Pharmacoeconomics*, 35(1), 21-31.

24. Brazier, J., Ratcliffe, J., Saloman, J., & Tsuchiya, A. (2017). Measuring and valuing health benefits for economic evaluation. OXFORD university press.
25. Brazier, J., Roberts, J., & Deverill, M. (2002). The estimation of a preference-based measure of health from the SF-36. *Journal of health economics*, 21(2), 271-292.
26. Brooks R., (1996). EuroQol: the current state of play, *Health Policy* 37 (1996) 53-72
27. Burström, K., Johannesson, M., & Diderichsen, F. (2001). Swedish population health-related quality of life results using the EQ-5D. *Quality of life research*, 10(7), 621-635.
28. Busschbach, J. J., McDonnell, J., Essink-Bot, M. L., & van Hout, B. A. (1999). Estimating parametric relationships between health description and health valuation with an application to the EuroQol EQ-5D. *Journal of Health Economics*, 18(5), 551-571.
29. Cerón, M. C., & Cerón, M. C. (2006). *Metodologías de la investigación social*. LOM ediciones.
30. Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.
31. Chen, T., Y. (2013). An interactive method for multiple criteria group decision analysis based on interval type-2 fuzzy sets and its application to medical decision making. *Fuzzy Optim Decis Making*. 12, pp. 323-356.
32. Chicaíza, L., García Molina, M., & Romano, G. (2013). Años de vida ajustados por calidad: evolución, fundamentos e implicaciones (Quality Adjusted Life Years: Evolution, Fundamentals and Implications).
33. Coyle, G. (2004). Practical strategy. *Open Access Material. AHP*
34. Craig, B. M., Rand, K., Bailey, H., & Stalmeier, P. F. (2018). Quality-Adjusted Life-Years without Constant Proportionality. *Value in Health*.
35. Cubillos, L. (2006). Evaluación de tecnologías en salud: aplicaciones y recomendaciones en el sistema de seguridad social en salud colombiano. Documento Técnico. Informe Final. Bogotá, Programa de Apoyo a la Reforma-Ministerio de la Protección Social.
36. Danner, M., Vennedey, V., Hilgsmann, M., Fauser, S., Gross, C., & Stock, S. (2017). Comparing analytic hierarchy process and discrete-choice experiment to elicit patient preferences for treatment characteristics in age-related macular degeneration. *Value in Health*, 20(8), 1166-1173.
37. De Bekker-Grob E.W., Ryan, M., and Gerard., K. (2012). Discrete choice experiments in health economics: A review of the literature. *Health Econ*. 21: 145–172.
38. Dempster, A. P. (2008). A generalization of Bayesian inference. In *Classic works of the dempster-shafer theory of belief functions* (pp.73-104). Springer, Berlin, Heidelberg.
39. Deng, X., Hu, Y., Deng, Y., & Mahadevan, S. (2014). Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers. *Expert Systems with Applications*, 41(1), 156-167.
40. Deng, Y. (2012). D numbers: theory and applications. *Journal of Information & Computational Science*, 9(9), 2421-2428.
41. Devlin, N. J., & Lorgelly, P. K. (2017). QALYs as a measure of value in cancer. *Journal of Cancer Policy*, 11, 19-25.

42. Devlin, N. J., Tsuchiya, A., Buckingham, K., & Tilling, C. (2011). A uniform time trade off method for states better and worse than dead: feasibility study of the 'lead time' approach. *Health Economics*, 20(3), 348-361.
43. Dintios, C. M., Chernyak, N., Grehl, B., & Icks, A. (2018). Quantified patient preferences for lifestyle intervention programs for diabetes prevention—a protocol for a systematic review. *Systematic reviews*, 7(1), 214.
44. Dolan, P y Stalmeier, P. F. (2003). The validity of time trade-off values in calculating QALYs: constant proportional time trade-off versus the proportional heuristic. *Journal of Health Economics*. 22(3), pp. 445–458.
45. Dolan, P. (1997). Modeling Valuations for EuroQol Health States. *Medical Care*. 35(11), pp. 1095-1108.
46. Dolan, P., Gudex, C., Kind, P., & Williams, A. (1995). *A social tariff for EuroQol: results from a UK general population survey*(No. 138chedp).
47. Dolan, P., Gudex, C., Kind, P., y Williams, A. (1996). Valuing Health States: A Comparison of Methods. *Journal of Health Economis*.15(2), pp. 209-31.
48. Drummond, M. F., Sculpher, M. J., Torrance, G. W., O'Brien, B. J., & Stoddart, G. L. (2005). *Methods for the economic evaluation of health care programmes*.
49. Drummond, M. F., y McGuire, A. (2001). *Economic Evaluation in Health Care: Merging Theory with Practice*. OxfordUniversityPress.
50. Duque, S., y Vasquez J. (2010). Riesgo cardiovascular, calidad de Vida y años de vida ajustados por calidad: un estudio de caso. *Investigación y Educación en Enfermería*. 28(1), pp. 32-42.
51. Dyer J.S. MAUT – Multiattribute Utility Theory Chapter 7. In *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, 265-292. 2005. Springer.
52. Fanshel, S., y Bush, J. (1970). A Health-Status Index and its Application to Health-Services Outcomes. *Operations Research* November/December: 18(6), pp. 1021-66
53. Feeny D (2000). The utility approach to assessing health-related quality of life. *Med Care*;38:II-151- II-154. 10.
54. Feeny D, Torrance GW. (1989) Incorporating utility based quality-of-life assessments in clinical trials: two examples. *Med Care* 1989;27:S190–S204. 7.
55. Feeny, D et al. (2002). Multiattribute and Single-Attribute Utility Functions for the Health Utilities Index Mark 3 System. *Medical Care* Volume 40, Number 2, pp 113–128.
56. Fenny D,. (2000). A Utility Approach to the Assessment of Health-Related Quality of Life. *Med Care* 38(9), Sup II, pp II-151–II-154.
57. Ferrari M.D., et al (2005). The use of multiattribute decision models in evaluating triptan treatment options in migraine. *Journal of Neurology*. Volume 252, Issue 9, pp 1026-1032
58. Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 108(1), 165-169.
59. Froberg D.,G., Kane., R. (1988). Methodology for measuring health-state preferences-i: measurement strategies. *J Clin Epidemiol* Vol. 42, No. 4, pp. 345-354, 1989.
60. Furlong W, Feeny D, Torrance GW, et al (1990). *Guide to Design and Development of Health-State Utility Instrumentation*. Hamilton, Ontario: McMaster University Centre for Health Economics and Policy Analysis, CHEPA Working Paper 90-9.

61. Garau, M., Hampson, G., Devlin, N., Mazzanti, N. A., & Profico, A. (2018). Applying a multicriteria decision analysis (MCDA) approach to elicit Stakeholders' preferences in Italy: the case of Obinutuzumab for rituximab-refractory indolent non-Hodgkin lymphoma (iNHL). *PharmacoEconomics-open*, 2(2), 153-163.
62. Garber A, M y Phelps C,E (1997). Economic Foundations of cost-effectiveness analysis. *Journal of Health Economics*. 16(1), pp. 1-31.
63. Gerlinger C, Bamber L, Leverkus F, Schwenke C, Haberland C, Schmidt G, Endrikat J. (2019). Comparing the EQ-5D-5L utility index based on value sets of different countries: impact on the interpretation of clinical study results. *BMC research notes*. 12(1):18,23.
64. Goetghebeur, M., Wagner, M., Khoury, H., Rindress, D., Grégoire, J-P., y Deal, C. (2010). Combining multicriteria decision analysis, ethics and health technology assessment: applying the EVIDEM decisionmaking framework to growth hormone for Turner syndrome patients. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 8:8:4.
65. Goudarzi, R., Zeraati, H., Sari, A. A., Rashidian, A., & Mohammad, K. (2016). Population-based preference weights for the EQ-5D health states using the visual analogue scale (VAS) in Iran. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 18(2).
66. Greco, S., Pereira, R. A. M., Squillante, M., & Yager, R. R. (Eds.). (2010). *Preferences and decisions: models and applications* (Vol. 257). Springer.
67. Greenleaf, E., y Lehmann, D. (1995). Reasons for Substantial Delay in Consumer Decision Making. *Journal of Consumer Research*. 22(2), pp. 186–99.
68. Guba, E. G. (1990). The paradigm dialog. In *Alternative Paradigms Conference*, Mar, 1989, Indiana U, School of Education, San Francisco, CA, US. Sage Publications, Inc.
69. Gutknecht, M., Schaarschmidt, M. L., Danner, M., Otten, M., & Augustin, M. (2018). How to weight patient-relevant treatment goals for assessing treatment benefit in psoriasis: preference elicitation methods vs. rating scales. *Archives of dermatological research*, 310(7), 567-577.
70. Hazen, B,. (2007). Adding Extrinsic Goals to the Quality-Adjusted Life Year Model. *Decision Analysis*. 4(1), pp. 3-16.
71. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*.
72. Herrera-Viedma, E., Herrera, F., Chiclana, F., & Luque, M. (2004). Some issues on consistency of fuzzy preference relations. *European journal of operational research*, 154(1), 98-109.
73. Horsman, J. Furlong, W. Fenny, W and Torrance, G. (2003).The Health Utilities Index (HUI®): concepts, measurement properties and applications. *Health and Quality of Life Outcomes*; 1:54.
74. Huang, Y. P., Basanta, H., Kuo, H. C., & Huang, A. (2018). Health symptom checking system for elderly people using fuzzy analytic hierarchy process. *Applied System Innovation*, 1(2), 10.
75. Hwang C. L. y Yoon., K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, New York: Springer-Verlag.
76. Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. In *Multiple attribute decision making* (pp. 58-191). Springer, Berlin, Heidelberg.

77. Hwang, C. L., Lai, Y. J., & Liu, T. Y. (1993). A new approach for multiple objective decision making. *Computers & operations research*, 20(8), 889-899.
78. Jain, J., Bearden, N., y Filipowicz, A. (2013). Do Maximizers Predict Better than Satisficers?. *Journal of Behavioral Decision Making*, J. Behav. Dec. Making. 26(1), pp. 41–50.
79. James C. Bezdek, ed., CRC Press (1987). Belief functions and possibility measures. *The Analysis of Fuzzy Information, Vol. 1: Mathematics and Logic*, pp. 51-84.
80. Janssen, B. M., Oppe, M., Versteegh, M. M., & Stolk, E. A. (2013). Introducing the composite time trade-off: a test of feasibility and face validity. *The European Journal of Health Economics*, 14(1), 5-13.
81. Janssen, M. F., Szende, A., Cabases, J., Ramos-Goñi, J. M., Vilagut, G., & König, H. H. (2018). Population norms for the EQ-5D-3L: a cross-country analysis of population surveys for 20 countries. *The European Journal of Health Economics*, 1-12.
82. Kahneman, D., y Tversky A,. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*. 47(2), pp. 263-91.
83. Karimi, M., Brazier, J., & Paisley, S. (2017). How do individuals value health states? A qualitative investigation. *Social Science & Medicine*, 172, 80-88.
84. Kemmis, S., & McTaggart, R. (1992). Cómo planificar la investigación: Acción. Editorial Laertes.
85. Kim, S. H., Ahn, J., Ock, M., Shin, S., Park, J., Luo, N., & Jo, M. W. (2016). The EQ-5D-5L valuation study in Korea. *Quality of Life Research*, 25(7), 1845-1852.
86. Kisch, Arnold I. *et . al* . (1969). "A New Proxy Measure for Health Status " , *Health Services Research*, Volume 4, Number 3, Fall , pp . 223 – 230.
87. Klose, K., Kreimeier, S., Tangermann, U., Aumann, I., & Damm, K. (2016). Patient-and person-reports on healthcare: preferences, outcomes, experiences, and satisfaction—an essay. *Health economics review*, 6(1), 18.
88. König, H. H., Bernert, S., Angermeyer, M. C., Matschinger, H., Martinez, M., Vilagut, G., ... & Alonso, J. (2009). Comparison of population health status in six european countries: results of a representative survey using the EQ-5D questionnaire. *Medical care*, 255-261.
89. Kopec, JA., Schultz, SE., Goel, V., y Ivan Williams, J. (2001). Can the health utilities index measure change?. *Med Care*. 39(6), pp. 562–74.
90. Krejčí, J., & Stoklasa, J. (2018). Aggregation in the analytic hierarchy process: Why weighted geometric mean should be used instead of weighted arithmetic mean. *Expert Systems with Applications*, 114, 97-106.
91. Lamers LM. The transformation of utilities for health states worse than death: consequences for the estimation of EQ-5D value sets. *Med Care*. 2007;45(3):238–44.
92. Lee, A. H., Hung, M. C., Kang, H. Y., & Pearn, W. L. (2012). A wind turbine evaluation model under a multi-criteria decision making environment. *Energy Conversion and Management*, 64, 289-300.
93. Lin, H. W., Li, C. I., Lin, F. J., Chang, J. Y., Gau, C. S., Luo, N., ... & Hsu, C. N. (2018). Valuation of the EQ-5D-5L in Taiwan. *PloS one*, 13(12), e0209344.

94. Ludwig, K., Schulenburg, J. M. G., & Greiner, W. (2017). Valuation of the EQ-5D-5L with composite time trade-off for the German population—an exploratory study. *Health and quality of life outcomes*, 15(1), 39.
95. Marsh, K., IJzerman, M., Thokala, P., Baltussen, R., Boysen, M., Kaló, Z., ... & Devlin, N. (2016). Multiple criteria decision analysis for health care decision making—emerging good practices: report 2 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. *Value in health*, 19(2), 125-137.
96. Martínez, A., & Ríos, F. (2006). Los conceptos de conocimiento, epistemología y paradigma, como base diferencial en la orientación metodológica del trabajo de grado. *Cinta de Moebio. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales*, (25).
97. Mikhailov, L. (2000). A fuzzy programming method for deriving priorities in the analytic hierarchy process. *Journal of the Operational Research Society*, 51(3), 341-349.
98. Miller, G.A. (1956) The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psych Rev* 1956;63:81-97.
99. Montero. R (2011): Efectos fijos o aleatorios: test de especificación. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada. España.
100. Moreno Viscaya, M., Mejía Mejía, A., & Castro Jaramillo, H. E. (2014). Manual para la elaboración de evaluaciones económicas en salud. Bogotá DC: Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud—IETS.
101. Mulhern, B., Bansback, N., Brazier, J., Buckingham, K., Cairns, J., Devlin, N., Dolan, P., Risa Hole, A., Kavetsos, G., Longworth, L., Rowen, D., y Tsuchiya, A. (2014): Preparatory study for the revaluation of the EQ-5D tariff: methodology report. *Health Technol Assess* 2014 Feb; 18(12):vii-xxvi, 1-191.
102. Mulhern, B., Feng, Y., Shah, K., Janssen, M. F., Herdman, M., van Hout, B., & Devlin, N. (2018). Comparing the UK EQ-5D-3L and English EQ-5D-5L Value Sets. *Pharmacoeconomics*, 36(6), 699-713.
103. Mulhern, B., Norman, R., Street, D. J., & Viney, R. (2018). One method, many methodological choices: a structured review of discrete-choice experiments for health state valuation. *Pharmacoeconomics*, 1-15.
104. Mulhern, B., Rowen, D., Brazier, J., Smith, S., Romeo, R., Tait, R., .& Lamping, D. (2013). General population valuation survey and modelling to produce values for every health state: estimating preference-based single-index measures for dementia.
105. Mushkin, S,. (1958). Toward a definition of health economics. *Public Health Rep.* 73(9), pp. 785–794.
106. Neumann, V., y Morgenstern O,. (1944): *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton, NJ. Princeton University Press.
107. Oppe, M., Rand-Hendriksen, K., Shah, K., Ramos-Goñi, J. M., & Luo, N. (2016). EuroQol protocols for time trade-off valuation of health outcomes. *Pharmacoeconomics*, 34(10), 993-1004.
108. Organización Mundial de Salud. (1947). *Official Records of the World Health Organization*, N° 2, p. 100.
109. Patrick DL, Starks HE, Cain KC, Uhlmann RF, Pearlman RA. Measuring preferences for health states worse than death. *Med Decis Making*. 1994;14(1):9–18.

110. Pearmain, D., Swanson, J., Kroes, E., Bradley, M. (1990). Stated preference techniques: a guide to practice. Steer Davis Gleave and Hague Consulting Group, Hauge
111. Peasgood, T., Brennan, A., Mansell, P., Elliott, J., Basarir, H., & Kruger, J. (2016). The impact of diabetes-related complications on preference-based measures of health-related quality of life in adults with Type I diabetes. *Medical Decision Making*, 36(8), 1020-1033.
112. Pinto-Prades, J. L., Attema, A., & Sánchez-Martínez, F. I. (2019). Measuring Health Utility in Economics. In Oxford Research Encyclopedia of Economics and Finance.
113. Purba, F. D., Hunfeld, J. A., Timman, R., Iskandarsyah, A., Fitriana, T. S., Sadarjoen, S. S., & Busschbach, J. J. (2018). Test-Retest Reliability of EQ-5D-5L Valuation Techniques: The Composite Time Trade-Off and Discrete Choice Experiments. *Value in Health*.
114. Quaife, M., Terris-Prestholt, F., Di Tanna, G. L., & Vickerman, P. (2018). How well do discrete choice experiments predict health choices? A systematic review and meta-analysis of external validity. *The European journal of health economics*, 1-14.
115. Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances en psicología*, 23(1), 9-17.
116. Ramos-Goñi, J. M., Pinto-Prades, J. L., Oppe, M., Cabasés, J. M., Serrano-Aguilar, P., & Rivero-Arias, O. (2017). Valuation and modeling of EQ-5D-5L health states using a hybrid approach. *Medical care*, 55(7), e51-e58.
117. Read, D., (2004): Utility theory from Jeremy Bentham to Daniel Kahneman. Working Paper No: LSEOR 04-64. Department of Operational Research, London School of Economics.
118. Rezae, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega* 53 (2015) 49–57.
119. Richardson, J., McKie, J & Bariola, E. (2011). Review and Critique of Health Related Multi Attribute Utility Instruments. Monash University. Centre for Health Economics. Research Paper No. 64.
120. Robinson, A., & Spencer, A. (2006). Exploring challenges to TTO utilities: valuing states worse than dead. *Health Economics* Volume 15, Issue 4, pages 393–402, April.
121. Roy, B., & Słowiński, R. (2013). Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. *EURO Journal on Decision Processes*, 1(1-2), 69-97.
122. Ryen, L., Svensson, MIKA. (2014). The willingness to pay for a quality adjusted life year: a review of the empirical literature. *Health Economics*.
123. Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical modelling*, 9(3-5), 161-176.
124. Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.
125. Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
126. Saaty, T. L. (2003). Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European journal of operational research*, 145(1), 85-91.

127. Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
128. Saaty, T. L., & Begicevic, N. (2010). The scope of human values and human activities in decision making. *Applied Soft Computing*, 10(4), 963-974.
129. Saaty, T. L., & Hu, G. (1998). Ranking by eigenvector versus other methods in the analytic hierarchy process. *Applied Mathematics Letters*, 11(4), 121-125.
130. Saaty, T.L., (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Eur. J. Oper. Res.* 48, 9–26.
131. Saaty, T.L., (1996). Decision making with dependence and feedback: The analytic network process.
132. Saaty, T.L., (2004). Fundamentals of the analytic network process—multiple networks with benefits, costs, opportunities and risks. *J. Syst. Sci. Syst. Eng.* 13, 348–379.
133. Scharager, J., & Reyes, P. (2001). Muestreo no probabilístico. *Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Psicología*.
134. Schmidt, K., Aumann, I., Hollander, I., Damm, K., & von der Schulenburg, J. M. G. (2015). Applying the Analytic Hierarchy Process in healthcare research: A systematic literature review and evaluation of reporting. *BMC medical informatics and decision making*, 15(1), 112.
135. Sen, A. (2002). Why health equity?. *Health Economics*. 11(8), 659-666.
136. Shafer, G. (2016). A mathematical theory of evidence turns 40. *International Journal of Approximate Reasoning*, 79, 7-25.
137. Shafer, Glenn (1990). Perspectives on the theory and practice of belief functions. *International Journal of Approximate Reasoning* 3 1-40.
138. Simon H. Rational Decision Making in Business Organizations. *The American Economic Review*, Vol. 69, No. 4 (Sep., 1979), pp. 493-513Published.
139. Stalmeier, PF., Goldstein, MK., Holmes, AM., Lenert, L., Miyamoto, J., Stiggelbout, A.M., Torrance, G.W., y Tsevat, J. (2001). What should be reported in a methods section on utility assessment? *Medical Decision Making*. 21(3), pp. 200-207.
140. Szende, A. G. O. T. A. (2007). *EQ-5D value sets: inventory, comparative review and user guide*. M. Oppe, & N. J. Devlin (Eds.). Berlin, Germany:: Springer.
141. Tanino, T. (1984). Fuzzy preference orderings in group decision making. *Fuzzy sets and systems*, 12(2), 117-131.
142. Tarlov AR, Ware JE Jr, Greenfield S, Nelson EC, Perrin E, Zubkoff M JAMA. (1989). The Medical Outcomes Study. An application of methods for monitoring the results of medical care. 18;262(7):925-30.
143. Thokala, P,. (2011): Multiple criteria decision analysis for health Technology assessment Report by the decision support unit. School of Health and Related Research, University of Sheffield, UK. January.
144. Thokala, P., Devlin, N., Marsh, K., Baltussen, R., Boysen, M., Kalo, Z., ... & Ijzerman, M. (2016). Multiple criteria decision analysis for health care decision making—an introduction: report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. *Value in health*, 19(1), 1-13.

145. Thompson MS. (1986). Willingness to pay and accept risks to cure chronic disease. *Am J Public Health*; 76: 392-396.
146. Torrance GW, Feeny D. (1989a) Utilities and quality adjusted life years. *Int J Technol Assess Health Care* 1989;5:559–575. 8.
147. Torrance GW, Furlong W, Feeny D, et al. (1995) Multi-attribute preference functions: health utilities index. *Pharmacoeconomics*; 7:503–520. 9.
148. Torrance GW, Thomas WH, Sackett DL (1972). A Utility Maximization Model for evaluation of health care programs. *Health Service Res* 1972; 7: 118133.
149. Torrance, G.W., y Tsevat, J. (2001). What should be reported in a methods section on utility assessment? *Medical Decision Making*. 21(3), pp. 200-207.
150. Torrance, GW,. (1986). Measurement of Health State Utilities for Economic Appraisal: A Review. *Journal of Health Economics*. 5(1), pp. 1-30.
151. Torrance, GW. (1976b). Toward a Utility Theory Foundation for Health Status Index Models. *Health Services Research*. 14(11), pp. 349-369.
152. Torrance, GW., Thomas, W. y Sackett, D. (1972). A Utility Maximization Model for Evaluation of Health Care Programs. *Health Services Research*. 7(2), pp. 118-133.
153. Tsevat, J., (2000). What do utilities mean? *Med Care*. 38(9), pp. II-160 -II-164.
154. Tsuchiya, A., Ikeda, S., Ikegami, N., Nishimura, S., Sakai, I., Fukuda, T., ... & Tamura, M. (2002). Estimating an EQ-5D population value set: the case of Japan. *Health economics*, 11(4), 341-353.
155. Tversky, A., y Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases Biases in judgments reveal some heuristics of thinking under uncertainty. *Science*. New Series.185(4157), pp. 1124-1131.
156. Tversky, A., y Shafir, E. (1992). Choice under conflict: The dynamics of deferred decision. *Psychological science*. 3(6), pp. 358-361.
157. Tzeng, G. H., & Huang, J. J. (2011). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Chapman and Hall/CRC.
158. Vakaramoko, D., Campbell, K., Goeree. R. Multi-criteria decision analysis (MCDA) in health care: A bibliometric analysis. *Operations Research for Health Care* 2 (2013) 20–24.
159. Valencia Cardona, L. (2014) Selección de iluminación sostenible mediante análisis multicriterio Tesis Maestría en Ingeniería de la Organización, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
160. Van Dalen, H., Williams, A., & Gudex, C. (1994). Lay people's evaluations of health: are there variations between different subgroups?. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 48(3), 248-253.
161. Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1-3), 229-241.
162. Wan, S. P., & Dong, J. Y. (2014). Possibility linear programming with trapezoidal fuzzy numbers. *Applied Mathematical Modelling*, 38(5-6), 1660-1672.
163. Ware, J.,E. Sherbourne C.D (1992). The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36) I. Conceptual Framework and Item Selection. *MEDICAL CARE*, Vol. 30, No. 6-
164. Williams, A. (1995). *The measurement and valuation of health: a chronicle*. York: University of York.

165. Wittrup-Jensen, K. U., Lauridsen, J., & Pedersen, K. M. (2008). *Modelling Danish EuroQol (EQ-5D) tariffs by applying the time trade-off method*. Odense: Syddansk Universitet.
166. Xie, F., Pullenayegum, E., Gaebel, K., Bansback, N., Bryan, S., Ohinmaa, A., ... & Johnson, J. A. (2016). How different are composite and traditional TTO valuations of severe EQ-5D-5L states?. *Quality of Life Research*, 25(8), 2101-2108.
167. Yager, R. R., & Liu, L. (Eds.). (2008). *Classic works of the Dempster-Shafer theory of belief functions* (Vol. 219). Springer.
168. Yoon, K. (1987). A reconciliation among discrete compromise solutions. *Journal of the Operational Research Society*, 38(3), 277-286.
169. Yoon, K. P., & Kim, W. K. (2017). The behavioral TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 89, 266-272.
170. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
171. Zadeh, L. A. (1972). A fuzzy-set-theoretic interpretation of linguistic hedges.
172. Zadeh, L. A. (1984). *Review of a mathematical theory of evidence*. *AI magazine*, 5(3), 81.
173. Zadeh, L. A. (1988). Fuzzy logic. *Computer*, 21(4), 83-93.
174. Zadeh, L. A. (1994, April). Fuzzy logic: issues, contentions and perspectives. In *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1994. ICASSP-94., 1994 IEEE International Conference on* (Vol. 6, pp. VI-183). IEEE.
175. Zahedi, F. (1986). The analytic hierarchy process—a survey of the method and its applications. *interfaces*, 16(4), 96-108.
176. Zarate, V., Kind, P., & Chuang, L. H. (2008). Hispanic valuation of the EQ-5D health states: a social value set for Latin Americans. *Value in Health*, 11(7), 1170-1177.
177. Zeckhauser, J., (1975). Procedures for valuing lives. *Public Policy*. 23(4), pp. 419–464.
178. Zeckhauser, Richard J., and Donald Shepard. (1976). Where Now for Saving Lives. *Law and Contemporary Problems*. 40(4), pp. 5-45.
179. Zeleny, M. (1976). The theory of the displaced ideal. In *Multiple criteria decision making Kyoto 1975* (pp. 153-206). Springer, Berlin, Heidelberg.
180. Zheng, G., Zhu, N., Tian, Z., Chen, Y., & Sun, B. (2012). Application of a trapezoidal fuzzy AHP method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments. *Safety science*, 50(2), 228-239.
181. Zhuo, L., Xu, L., Ye, J., Sun, S., Zhang, Y., Burstrom, K., & Chen, J. (2018). Time Trade-Off Value Set for EQ-5D-3L Based on a Nationally Representative Chinese Population Survey. *Value in Health*.

A. ANEXO: Consentimiento informado

ENCUESTA INDICE DE SALUD

Con el objetivo de construir un índice de salud desde la percepción y valoración que el individuo tiene de su estado de salud se quiere realizar una encuesta de cuatro bloques de preguntas. La respuesta a las preguntas de la encuesta no implican ningún riesgo para la salud y no se utilizará para fines distintos a los académicos, hace parte de la tesis doctoral de Johanna Vásquez bajo la asesoría de Sergio Botero Botero del programa de Doctorado en Ingeniería Industria y Organizaciones, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín”.

¿Le gustaría participar? Si ☐ No ☐

Firma: _____

B. ANEXO: Permiso para usar EQ-5D-5L



Johanna Vasquez Velasquez <jovasquezve@unal.edu.co>

EQ-5D

2 mensajes

Anita Dwarkasing <dwarkasing@euroqol.org> 11 de noviembre de 2016, 3:04
 Para: "jovasquezve@unal.edu.co" <jovasquezve@unal.edu.co>
 Cc: Gerben Bakker <bakker@euroqol.org>

Dear Ms. / Mr. Johanna Vasquez,

Thank you for registering your research at the EuroQol Research Foundation's website.

As the study / project "Methodological application for health index calculation from individual approach" you registered involves low patient numbers (350) you may use the requested version(s) free of charge, under the following conditions:

This permission to use the attached version(s) is limited to the project / study described above with ID number 27819;

1. The attached version(s) may only be used in accordance with the written instructions of EuroQol as set out in:
 1. This email;
 2. Any agreement if referred to in this email; and
 3. The User Guide (Click here to download)
2. The provided version(s) may not be reproduced in a publication without written permission;
3. The provided version(s) may not be distributed to third parties without prior approval;
4. The provided version(s) may only be provided to respondents on paper to be filled out with a pen(cil);
5. Implementation of the attached version(s) into an online survey, app or an electronic device is not allowed;
6. Reproducing the attached version(s) on a webpage is not allowed.
7. Please use the registration form on www.euroqol.org in order to request to use the EQ-5D in a new study;

Please note that separate permission is required if any of the following applies:

1. The registered study / project is funded by a pharmaceutical company, medical device manufacturer or other profit-making stakeholder;
2. Using EQ-5D in a Routine Outcome Measurement or Registry setting;
3. Using EQ-5D in languages other than those indicated in this email;
4. Using digital representations (e.g. PDA, Tablet or Web) of EQ-5D. Requests to use a digital EQ-5D version, e.g. on a laptop/desktop, tablet or PDA should be sent to touserinformationservice@euroqol.org. Please refer to the ID number mentioned above.
5. I'm attaching the following version (in MS Word format):

Spanish (Colombia) / EQ-5D-5L Self-Complete - Paper

C. ANEXO: Encuesta EQ-5D-5L



Cuestionario de Salud

Versión en español para Colombia

(Spanish version for Colombia)

Por favor, debajo de cada encabezamiento señale con una cruz UNA casilla, la que mejor describe su salud HOY.

MOVILIDAD

- No tengo problemas para caminar ☐
- Tengo problemas leves para caminar ☐
- Tengo problemas moderados para caminar ☐
- Tengo problemas graves para caminar ☐
- Soy incapaz de caminar ☐

CUIDADO PERSONAL

- No tengo problemas para bañarme o vestirme ☐
- Tengo problemas leves para bañarme o vestirme ☐
- Tengo problemas moderados para bañarme o vestirme ☐
- Tengo problemas graves para bañarme o vestirme ☐
- Soy incapaz de bañarme o vestirme ☐

ACTIVIDADES COTIDIANAS (*ejemplo: Trabajar, estudiar, hacer las tareas domésticas, actividades familiares o actividades de recreación*)

- No tengo problemas para hacer mis actividades cotidianas ☐
- Tengo problemas leves para hacer mis actividades cotidianas ☐
- Tengo problemas moderados para hacer mis actividades cotidianas ☐
- Tengo problemas graves para hacer mis actividades cotidianas ☐
- Soy incapaz de hacer mis actividades cotidianas ☐

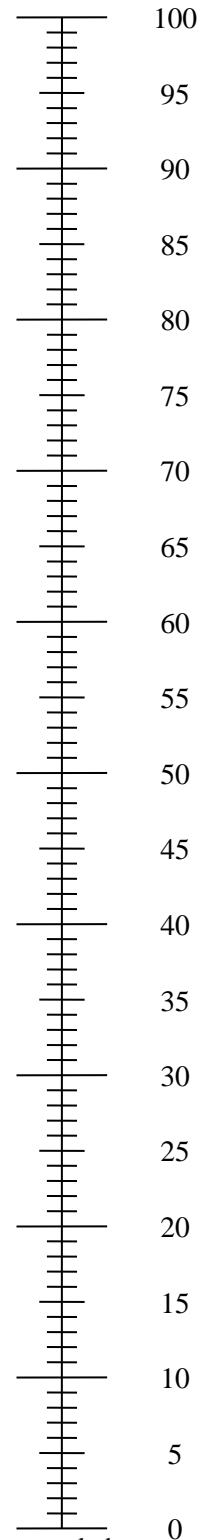
DOLOR / MALESTAR

- No tengo dolor ni malestar ☐
- Tengo dolor o malestar leve ☐
- Tengo dolor o malestar moderado ☐
- Tengo dolor o malestar fuerte ☐
- Tengo dolor o malestar extremo ☐

ANGUSTIA / DEPRESIÓN

- No estoy angustiado(a) ni deprimido(a) ☐
- Estoy levemente angustiado(a) o deprimido(a) ☐
- Estoy moderadamente angustiado(a) o deprimido(a) ☐
- Estoy muy angustiado(a) o deprimido(a) ☐
- Estoy extremadamente angustiado(a) o deprimido(a) ☐

La mejor salud que
se pueda imaginar



La peor salud que
se pueda imaginar

SU SALUD HOY =

- Nos gustaría saber lo buena o mala que es su salud HOY.
- La escala está numerada de 0 a 100.
- 100 representa la mejor salud que se pueda imaginar.
0 representa la peor salud que se pueda imaginar.
- Por favor, marque una X en la escala para indicar cuál es su estado de salud HOY.
- Ahora, en la casilla que encontrará a continuación escriba el número que ha marcado en la escala.

D. ANEXO: Salidas Stata

Modelo por OLS para VAS

```

ladder VAS
xi: regress VAS i.mov i.aut i.ac i.dm i.ad credibiliad, robust
regress VAS l5 l1, robust
regress VAS mo cp ac dm ad l5 l1, robust
regress VAS m1 m2 m3 au1 a1 a2 a3 d1 d2 d3 d4 da1 da2 da3 da4, robust
rvfplot, yline(0)
predict res1, residuals
predict VAS3_predict
label variable VAS3_predict "VAS1 predicted"
scatter VAS VAS3_predict
ovtest
linktest
vif
swilk VAS
estat ovtest
list VAS VAS3_predict indicesalud teo

```

Modelo por GLS para cTTO

```

set memory 1g
insheet using c:/ISD
log using /Users/johanna/Downloads/Deser/results.log, replace

gen m1 = 0
gen m2 = 0
gen m3 = 0
gen m4 = 0
gen au1 = 0
gen au2 = 0
gen au3 = 0
gen au4 = 0
gen a1 = 0
gen a2 = 0
gen a3 = 0
gen a4 = 0
gen d1 = 0
gen d2 = 0
gen d3 = 0
gen d4 = 0
gen da1 = 0
gen da2 = 0
gen da3 = 0
gen da4 = 0

replace m1 = 1 if mov == 2
replace m2 = 1 if mov == 3

```



```

replace m3 = 1 if mov == 4
replace m4 = 1 if mov == 5
replace au1 = 1 if aut == 2
replace au2 = 1 if aut == 3
replace au3 = 1 if mov == 4
replace au4 = 1 if aut == 5
replace a1 = 1 if ac == 2
replace a2 = 1 if mov == 3
replace a3 = 1 if mov == 4
replace a4 = 1 if ac == 5
replace d1 = 1 if dm == 2
replace d2 = 1 if dm == 3
replace d3 = 1 if mov == 4
replace d4 = 1 if dm == 5
replace da1 = 1 if ad == 2
replace da2 = 1 if ad == 3
replace da3 = 1 if ad == 4
replace da4 = 1 if ad == 5

```

```

/* Generar interacción entre dimensiones (I2, I2-squared, I3, I3-squared) */

```

```

gen m0 = 1 if m1 == 0 & m2 == 0 & m3 == 0 & m4 == 0
gen au0 = 1 if au1 == 0 & au2 == 0 & au3 == 0 & au4 == 0
gen a0 = 1 if a1 == 0 & a2 == 0 & a3 == 0 & a4 == 0
gen d0 = 1 if d1 == 0 & d2 == 0 & d3 == 0 & d4 == 0
gen da0 = 1 if da1 == 0 & da2 == 0 & da3 == 0 & da4 == 0

```

```

egen I2 = neqany(m1 au1 a1 d1 da1), values(1)
replace I2 = I2 - 1
replace I2 = 0 if I2 < 0
gen I22 = I2^2

```

```

egen I3 = neqany(m2 au2 a2 d2 da2), values(1)
replace I3 = I3 - 1
replace I3 = 0 if I3 < 0
gen I32 = I3^2

```

```

egen I4 = neqany(m3 au3 a3 d3 da3), values(1)
replace I4 = I4 - 1
replace I4 = 0 if I4 < 0
gen I42 = I4^2

```

```

egen I5 = neqany(m4 au4 a4 d4 da4), values(1)
replace I5 = I5 - 1
replace I5 = 0 if I5 < 0
gen I52 = I5^2

```

```

gen moaut=mov*aut
gen moac=mov*ac
gen modm=mov*dm
gen moad=mov*ad

```

```

gen autac=aut*ac
gen autdm=aut*dm
gen autad=aut*ad

```

```

gen acdm=ac*dm
gen acad=ac*ad

gen dmad=dm*ad

egen l1 = neqany(m0 au0 a0 d0 da0), values(1)
gen D1 = 4 - l1
replace D1 = 0 if D1<0

```

```
/* Variable dependiente s */
```

```
/* Modelos Panel */
```

```

xtset ID
xtreg s mov aut ac dm ad, fe
xtreg s mov aut ac dm ad, re
xtgls s mov aut ac dm ad, i(ID)

```

Modelos de Efectos fijos

```

xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4, fe
xi:xtreg s i.mov i.cp i.ac i.dm i.ad l22 l32, fe
xi:xtgls s i.mov i.cp i.ac i.dm i.ad l22 l32, i(ID)
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l3, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l3 l32, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l3 l4, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l4 l42, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l4 l5, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l5 l52, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 D1, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 D1, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l3 D1, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l4 D1, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l5 D1, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l3 D1, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22 l3 l32 D1, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22 l3 l32 l4 l42 D1, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22 l3 l32 l4 l42 l5 l52 D1, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movcp, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movac, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movdm, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movad, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 cpac, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 cpdm, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 cpad, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 acdm, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 acad, fe
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 dmad, fe

```

Efectos Aleatorios

```

xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4, re
xi:xtreg s i.mov i.cp i.ac i.dm i.ad l22 l32, re
xi:xtgls s i.mov i.cp i.ac i.dm i.ad l22 l32, i(ID)

```

```

xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l3, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l3 l32, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l3 l4, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l4 l42, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l4 l5, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l5 l52, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 D1, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 D1, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l3 D1, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l4 D1, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l5 D1, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l3 D1, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22 l3 l32 D1, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22 l3 l32 l4 l42 D1, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22 l3 l32 l4 l42 l5 l52 D1, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movcp, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movac, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movdm, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movad, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 cpac, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 cpdm, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 cpad, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 acdm, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 acad, re
xtreg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 dmad, re

```

OLS Modelos

```

reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4, robust
xi:reg s i.mov i.cp i.ac i.dm i.ad l22 l32, robust
xi:xtgls s i.mov i.cp i.ac i.dm i.ad l22 l32, i(ID)
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2, re
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l3, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l3 l32, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l3 l4, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l4 l42, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l4 l5, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l5 l52, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 D1, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 D1, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l3 D1, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4, re
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l4 D1, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l5 D1, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l3 D1, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22 l3 l32 D1, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22 l3 l32 l4 l42 D1, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 l2 l22 l3 l32 l4 l42 l5 l52 D1, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movcp, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movac, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movdm, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 movad, robust

```

```

reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 cpac, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 cpdm, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 cpad, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 acdm, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 acad, robust
reg s m1 m2 m4 cp1 cp3 cp4 a1 a2 a4 d2 d4 da3 da4 dmad, robust

```

```

///*** ISH ///**

```

```

xtset ID
reg s m2 m4 cp1 ac1 d1 d4 da2 da3 da4 l22 l32, robust
eststo Modelo1
xtreg s m2 m4 cp1 ac1 d1 d4 da2 da3 da4 l22 l32, re
eststo Modelo2
xtregs m2 m4 cp1 ac1 d1 d4 da2 da3 da4 l22 l32, fe
eststo Modelo3
esttab, p r2 ar2 aic scalar(rmse)
lrtest Modelo2 Modelo3

```

```

/** comparación erobustctos fijos y aleatorios ISH //

```

```

xtreg s m2 m4 cp1 ac1 d1 d4 da2 da3 da4 l22 l32, fe
estimates store fixed
xtreg s m2 m4 cp1 ac1 d1 d4 da2 da3 da4 l22 l32, re
estimates store random
hausman fixed random

```

```

reg s mov aut ac dm ad l22 l32,re
estimates store random
reg s m2 m4 au1 a1 d1 d2 d4 da1 da2 da3 l22 l32 i.ID
estimates store OLS
lrtest (OLS) (random), stats
test (OLS) (random)

```

E. ANEXO: Valores nítidos para la construcción de la matriz agregada por DAHP

MO-CP	Total	%	VALOR
0.00	10	0.03	0.00
0.03	3	0.01	0.00
0.06	6	0.02	0.00
0.09	1	0.00	0.00
0.13	9	0.03	0.00
0.18	2	0.01	0.00
0.25	15	0.05	0.01
0.50	134	0.45	0.22
0.66	2	0.01	0.00
0.75	27	0.09	0.07
0.82	2	0.01	0.01
0.87	25	0.08	0.07
0.91	3	0.01	0.01
0.94	31	0.10	0.10
0.97	8	0.03	0.03
1.00	23	0.08	0.08
			0.60

MO-AC	Total	%	VALOR
0.00	9	0.03	0.00
0.03	3	0.01	0.00
0.06	14	0.05	0.00
0.09	4	0.01	0.00
0.13	22	0.07	0.01
0.18	1	0.00	0.00
0.25	23	0.08	0.02
0.34	1	0.00	0.00
0.50	112	0.37	0.19
0.66	3	0.01	0.01
0.75	23	0.08	0.06
0.82	4	0.01	0.01
0.87	26	0.09	0.07
0.91	1	0.00	0.00
0.94	26	0.09	0.08
0.97	6	0.02	0.02
1.00	23	0.08	0.08
			0.55

MO-DM	Total	%	VALOR
0.00	20	0.07	0.00
0.03	5	0.02	0.00
0.06	24	0.08	0.00
0.09	6	0.02	0.00
0.13	19	0.06	0.01
0.18	5	0.02	0.00
0.25	23	0.08	0.02
0.34	1	0.00	0.00
0.50	57	0.19	0.09
0.66	3	0.01	0.01
0.75	36	0.12	0.09
0.82	5	0.02	0.01
0.87	29	0.10	0.08
0.91	1	0.00	0.00
0.94	26	0.09	0.08
0.97	6	0.02	0.02
1.00	35	0.12	0.12
			0.55

MO-AD	Total	%	VALOR
0.00	20	0.07	0.00
0.03	4	0.01	0.00
0.06	16	0.05	0.00
0.09	3	0.01	0.00
0.13	26	0.09	0.01
0.18	3	0.01	0.00
0.25	15	0.05	0.01
0.50	51	0.17	0.08
0.66	5	0.02	0.01
0.75	31	0.10	0.08
0.82	6	0.02	0.02
0.87	29	0.10	0.08
0.91	4	0.01	0.01
0.94	35	0.12	0.11
0.97	12	0.04	0.04
1.00	42	0.14	0.14
			0.60

CP-MO	Total	%	VALOR
0.00	23	0.08	0.00
0.03	8	0.03	0.00
0.05	1	0.00	0.00
0.06	30	0.10	0.01
0.09	3	0.01	0.00
0.13	25	0.08	0.01
0.18	2	0.01	0.00
0.25	27	0.09	0.02
0.34	2	0.01	0.00
0.50	134	0.45	0.22
0.75	15	0.05	0.04
0.82	2	0.01	0.01
0.87	9	0.03	0.03
0.91	1	0.00	0.00
0.94	6	0.02	0.02
0.97	3	0.01	0.01
1.00	10	0.03	0.03
			0.40

CP-AC	Total	%	VALOR
0.00	7	0.02	0.00
0.03	5	0.02	0.00
0.06	19	0.06	0.00
0.13	23	0.08	0.01
0.18	2	0.01	0.00
0.25	25	0.08	0.02
0.50	112	0.37	0.19
0.75	26	0.09	0.06
0.82	7	0.02	0.02
0.87	24	0.08	0.07
0.91	4	0.01	0.01
0.94	27	0.09	0.08
0.97	4	0.01	0.01
1.00	16	0.05	0.05
			0.54

CP-DM	Total	%	VALOR
0.000	23	0.08	0.00
0.027	8	0.03	0.00
0.057	24	0.08	0.00
0.092	5	0.02	0.00
0.134	32	0.11	0.01
0.185	3	0.01	0.00
0.250	29	0.10	0.02
0.342	4	0.01	0.00
0.500	67	0.22	0.11
0.658	1	0.00	0.00
0.750	20	0.07	0.05
0.815	7	0.02	0.02
0.866	27	0.09	0.08
0.908	1	0.00	0.00
0.943	22	0.07	0.07
0.973	4	0.01	0.01
1.000	24	0.08	0.08
			0.48

CP-AD	Total	%	VALOR
0.00	25	0.08	0.00
0.03	5	0.02	0.00
0.06	20	0.07	0.00
0.09	4	0.01	0.00
0.13	26	0.09	0.01
0.18	3	0.01	0.00
0.25	20	0.07	0.02
0.34	4	0.01	0.00
0.50	49	0.16	0.08
0.66	7	0.02	0.02
0.75	31	0.10	0.08
0.82	7	0.02	0.02
0.87	25	0.08	0.07
0.91	3	0.01	0.01
0.94	29	0.10	0.09
0.97	6	0.02	0.02
1.00	37	0.12	0.12
			0.55

AC-MO	Total	%	VALOR
0.00	23	0.08	0.00
0.03	6	0.02	0.00
0.06	26	0.09	0.00
0.09	1	0.00	0.00
0.13	26	0.09	0.01
0.18	4	0.01	0.00
0.25	23	0.08	0.02
0.34	3	0.01	0.00
0.50	112	0.37	0.19
0.66	1	0.00	0.00
0.75	23	0.08	0.06
0.82	1	0.00	0.00
0.87	22	0.07	0.06
0.91	4	0.01	0.01
0.94	14	0.05	0.04
0.97	3	0.01	0.01
1.00	9	0.03	0.03
			0.45

AC-CP	Total	%	VALOR
0.00	16	0.05	0.00
0.03	4	0.01	0.00
0.06	27	0.09	0.01
0.09	4	0.01	0.00
0.13	24	0.08	0.01
0.18	7	0.02	0.00
0.25	26	0.09	0.02
0.50	112	0.37	0.19
0.75	25	0.08	0.06
0.82	2	0.01	0.01
0.87	23	0.08	0.07
0.94	19	0.06	0.06
0.97	5	0.02	0.02
1.00	7	0.02	0.02
			0.46

AC-DM	Total	%	VALOR
0.00	18	0.06	0.00
0.03	7	0.02	0.00
0.06	26	0.09	0.00
0.09	5	0.02	0.00
0.13	26	0.09	0.01
0.18	2	0.01	0.00
0.25	29	0.10	0.02
0.34	4	0.01	0.00
0.50	58	0.19	0.10
0.66	2	0.01	0.00
0.75	35	0.12	0.09
0.82	4	0.01	0.01
0.87	24	0.08	0.07
0.91	4	0.01	0.01
0.94	27	0.09	0.08
0.97	7	0.02	0.02
1.00	23	0.08	0.08
			0.51

AC-AD	Total	%	VALOR
0.00	24	0.08	0.00
0.03	5	0.02	0.00
0.06	19	0.06	0.00
0.09	2	0.01	0.00
0.13	27	0.09	0.01
0.18	2	0.01	0.00
0.25	21	0.07	0.02
0.34	2	0.01	0.00
0.50	56	0.19	0.09
0.66	3	0.01	0.01
0.75	33	0.11	0.08
0.82	5	0.02	0.01
0.87	32	0.11	0.09
0.91	1	0.00	0.00
0.94	24	0.08	0.08
0.97	10	0.03	0.03
1.00	35	0.12	0.12
			0.55

DM-MO	Total	%	VALOR
0.00	35	0.12	0.00
0.03	6	0.02	0.00
0.06	26	0.09	0.00
0.09	1	0.00	0.00
0.13	29	0.10	0.01
0.18	5	0.02	0.00
0.25	36	0.12	0.03
0.34	3	0.01	0.00
0.50	57	0.19	0.09
0.66	1	0.00	0.00
0.75	23	0.08	0.06
0.82	5	0.02	0.01
0.87	19	0.06	0.05
0.91	6	0.02	0.02
0.94	24	0.08	0.08
0.97	5	0.02	0.02
1.00	20	0.07	0.07
			0.45

DM-CP	Total	%	VALOR
0.00	24	0.08	0.00
0.03	4	0.01	0.00
0.06	22	0.07	0.00
0.09	1	0.00	0.00
0.13	27	0.09	0.01
0.18	7	0.02	0.00
0.25	20	0.07	0.02
0.34	1	0.00	0.00
0.50	67	0.22	0.11
0.66	4	0.01	0.01
0.75	29	0.10	0.07
0.82	3	0.01	0.01
0.87	32	0.11	0.09
0.91	5	0.02	0.02
0.94	24	0.08	0.08
0.97	8	0.03	0.03
1.00	23	0.08	0.08
			0.52

DM-AC	Total	%	VALOR
0.0	23	0.08	0.00
0.0	7	0.02	0.00
0.1	27	0.09	0.01
0.1	4	0.01	0.00
0.1	24	0.08	0.01
0.2	4	0.01	0.00
0.3	35	0.12	0.03
0.3	2	0.01	0.00
0.5	58	0.19	0.10
0.7	4	0.01	0.01
0.8	29	0.10	0.07
0.8	2	0.01	0.01
0.9	26	0.09	0.07
0.9	5	0.02	0.02
0.9	26	0.09	0.08
1.0	7	0.02	0.02
1.0	18	0.06	0.06
			0.49

DM-AD	Total	%	VALOR
0.00	17	0.06	0.00
0.03	3	0.01	0.00
0.06	23	0.08	0.00
0.09	2	0.01	0.00
0.13	20	0.07	0.01
0.18	1	0.00	0.00
0.25	16	0.05	0.01
0.34	2	0.01	0.00
0.50	82	0.27	0.14
0.66	3	0.01	0.01
0.75	35	0.12	0.09
0.82	8	0.03	0.02
0.87	24	0.08	0.07
0.91	4	0.01	0.01
0.94	21	0.07	0.07
0.97	9	0.03	0.03
1.00	31	0.10	0.10
			0.56

AD-MO	Total	%	VALOR
0.00	42	0.14	0.00
0.03	12	0.04	0.00
0.06	34	0.11	0.01
0.09	4	0.01	0.00
0.13	29	0.10	0.01
0.18	6	0.02	0.00
0.25	31	0.10	0.03
0.34	5	0.02	0.01
0.50	51	0.17	0.08
0.75	15	0.05	0.04
0.82	3	0.01	0.01
0.87	26	0.09	0.07
0.91	3	0.01	0.01
0.94	16	0.05	0.05
0.97	4	0.01	0.01
1.00	20	0.07	0.07
			0.40

AD-CP	Total	%	VALOR
0.00	37	0.12	0.00
0.03	6	0.02	0.00
0.06	29	0.10	0.01
0.09	3	0.01	0.00
0.13	25	0.08	0.01
0.18	7	0.02	0.00
0.25	31	0.10	0.03
0.34	7	0.02	0.01
0.50	49	0.16	0.08
0.66	4	0.01	0.01
0.75	20	0.07	0.05
0.82	3	0.01	0.01
0.87	26	0.09	0.07
0.91	4	0.01	0.01
0.94	20	0.07	0.06
0.97	5	0.02	0.02
1.00	25	0.08	0.08
			0.45

AD-AC	Total	%	VALOR
0.00	35	0.12	0.00
0.03	10	0.03	0.00
0.06	24	0.08	0.00
0.09	1	0.00	0.00
0.13	32	0.11	0.01
0.18	5	0.02	0.00
0.25	33	0.11	0.03
0.34	3	0.01	0.00
0.50	56	0.19	0.09
0.66	2	0.01	0.00
0.75	21	0.07	0.05
0.82	2	0.01	0.01
0.87	27	0.09	0.08
0.91	2	0.01	0.01
0.94	19	0.06	0.06
0.97	5	0.02	0.02
1.00	24	0.08	0.08
			0.45

AD-DM	Total	%	VALOR
0.00	31	0.10	0.00
0.03	9	0.03	0.00
0.06	21	0.07	0.00
0.09	4	0.01	0.00
0.13	24	0.08	0.01
0.18	8	0.03	0.00
0.25	35	0.12	0.03
0.34	3	0.01	0.00
0.50	82	0.27	0.14
0.66	2	0.01	0.00
0.75	16	0.05	0.04
0.82	1	0.00	0.00
0.87	20	0.07	0.06
0.91	2	0.01	0.01
0.94	23	0.08	0.07
0.97	3	0.01	0.01
1.00	17	0.06	0.06
			0.44

F. ANEXO: Resultados del valor de índice por método

Código	VAS	TEO	cTTO	ISEVA	AHP_TOPSIS	D_TOPSIS	FAHP_TOPSIS	Credibilidad	RC
11111	0.908	1.000	0.985	0.910	1.000	1.000	1.000	2.655	0.034
11112	0.864	0.950	0.950	0.854	0.886	1.000	0.894	2.348	0.031
11113	0.829	0.900	0.933	0.844	0.788	1.000	0.803	2.109	0.023
11121	0.869	0.950	0.954	0.869	0.862	0.913	0.881	2.644	0.040
11122	0.859	0.900	0.947	0.835	0.821	0.913	0.840	1.943	0.017
11123	0.700	0.850	0.905	0.802	0.749	0.913	0.768	3.678	0.035
11125	0.900	0.750	0.853	0.898	0.617	0.913	0.638	2.750	0.036
11131	0.844	0.900	0.924	0.810	0.754	0.836	0.779	2.538	0.039
11132	0.700	0.850	0.901	0.754	0.728	0.836	0.752	3.190	0.041
11133	0.850	0.800	0.875	0.743	0.682	0.836	0.703	1.595	0.026
11134	0.850	0.750	0.849	0.734	0.630	0.836	0.649	2.860	0.026
11141	0.600	0.850	0.894	0.771	0.673	0.771	0.694	4.880	0.092
11143	0.800	0.750	0.845	0.704	0.619	0.771	0.636	3.760	0.057
11211	0.900	0.950	0.947	0.851	0.825	0.847	0.856	2.925	0.026
11212	0.775	0.900	0.940	0.817	0.792	0.847	0.821	1.818	0.014
11213	0.825	0.850	0.898	0.785	0.731	0.847	0.756	3.155	0.055
11214	0.650	0.800	0.872	0.776	0.666	0.847	0.689	3.340	0.026
11222	0.720	0.850	0.928	0.779	0.752	0.824	0.779	3.552	0.031
11223	0.783	0.800	0.886	0.765	0.697	0.824	0.720	1.610	0.015
11231	0.683	0.850	0.889	0.750	0.709	0.777	0.733	2.517	0.050
11233	0.575	0.750	0.840	0.684	0.642	0.777	0.659	2.470	0.031
11311	0.800	0.900	0.909	0.813	0.703	0.725	0.739	3.910	0.096
11433	0.850	0.650	0.765	0.850	0.539	0.600	0.529	2.960	0.044

12132	0.500	0.800	0.935	0.551	0.672	0.754	0.705	4.850	0.093
12211	0.700	0.900	0.950	0.649	0.743	0.757	0.781	1.000	0.000
21111	0.825	0.950	0.961	0.914	0.783	0.770	0.841	4.475	0.065
21112	0.875	0.900	0.954	0.880	0.748	0.770	0.808	3.220	0.033
21121	0.916	0.900	0.950	0.895	0.740	0.750	0.799	1.987	0.038
21122	0.900	0.850	0.942	0.842	0.705	0.750	0.768	3.020	0.095
21123	0.850	0.800	0.900	0.828	0.646	0.750	0.710	0.250	0.027
21131	0.700	0.850	0.903	0.814	0.668	0.712	0.724	3.790	0.066
21132	0.750	0.800	0.896	0.779	0.636	0.712	0.696	2.620	0.010
21133	0.900	0.750	0.854	0.747	0.589	0.712	0.649	3.675	0.094
21143	0.700	0.700	0.824	0.708	0.537	0.668	0.585	4.820	0.030
21213	0.950	0.800	0.893	0.810	0.633	0.713	0.699	3.700	0.039
21221	0.900	0.850	0.931	0.839	0.684	0.691	0.745	2.970	0.050
21232	0.763	0.750	0.877	0.724	0.590	0.655	0.645	2.088	0.028
21234	0.800	0.650	0.809	0.701	0.493	0.655	0.546	0.880	0.010
21332	0.400	0.700	0.823	0.682	0.533	0.570	0.570	3.000	0.018
31113	0.700	0.800	0.888	0.746	0.537	0.589	0.653	1.660	0.011
31114	0.650	0.750	0.862	0.738	0.492	0.589	0.609	2.740	0.022
31121	0.700	0.850	0.910	0.771	0.582	0.569	0.684	2.590	0.016
31131	0.713	0.800	0.830	0.695	0.542	0.545	0.635	1.875	0.056
31133	0.300	0.700	0.830	0.645	0.456	0.545	0.568	2.720	0.099
31145	0.700	0.550	0.748	0.702	0.362	0.519	0.448	1.180	0.014
31211	0.650	0.850	0.902	0.754	0.575	0.536	0.676	3.910	0.060
31221	0.750	0.800	0.891	0.734	0.541	0.510	0.642	4.050	0.070
31233	0.600	0.650	0.795	0.586	0.400	0.480	0.511	1.000	0.011
31241	0.700	0.700	0.815	0.615	0.471	0.451	0.536	2.870	0.024
31313	0.800	0.700	0.815	0.649	0.453	0.470	0.551	3.500	0.086
31331	0.700	0.700	0.807	0.615	0.467	0.403	0.530	4.030	0.089

31332	0.950	0.650	0.784	0.559	0.422	0.403	0.490	4.240	0.055
31333	0.500	0.600	0.758	0.548	0.373	0.403	0.442	3.750	0.009
41111	0.700	0.850	0.914	0.857	0.501	0.472	0.621	3.715	0.073
41133	0.800	0.650	0.807	0.689	0.361	0.432	0.498	4.880	0.033
41211	1.000	0.800	0.879	0.798	0.470	0.419	0.588	2.500	0.012
42352	0.630	0.450	0.734	0.630	0.308	0.153	0.311	4.580	0.093